B 3 029 456

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
F. L. A. PIOCHE.
1871.
Accessions No. 17618 Shelf No.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

RAPPORTS

DU

JURY INTERNATIONAL

Digitized by Google

Digitized by Google

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

A PARIS

RAPPORTS

DU

JURY INTERNATIONAL

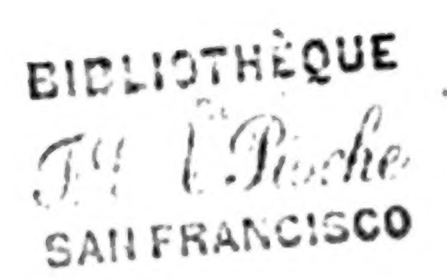
PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

M. MICHEL CHEVALIER

Membre de la Commission Impériale

TOME NEUVIÈME

GROUPE VI. — CLASSES 53 A 64.



PARIS

IMPRIMERIE ADMINISTRATIVE DE PAUL DUPONT

45, RUE DE GRENELLE-SAINT-HONORÉ, 45

1868

Digitized by Google

T 201
II 8 P2
v.9

Digitized by Google

GROUPE VI

INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS DES ARTS USUELS

(SUITE.)

Digitized by Google

CLASSE 53

MACHINES ET APPAREILS DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE

SOMMAIRE :

Section I. — Pièces détachées de machines : paliers, embrayages, déclics, appareils de graissage, compteurs, dynamomètres, modèles et dessins de machines, par M. P. Worms de Romilly, ingénieur des Mines.

Section II. — Appareils fumivores, compteurs, appareils de jaugeage, pompes, presses, par M. Lebleu, ingénieur des Mines.

Section III. — Machines servant à élever les fardeaux, grues, monte-crics, courroies, par M. P. Worms de Romilly.

Section IV. — Moteurs hydrauliques, par le même.

Section V. — Machines à vapeur, chaudières, générateurs, etc., par M. Luuyt, ingénieur des Mines, membre du Jury international de 1862.

Section VI. — Machines à air, à air chaud, à ammoniaque; moteurs électriques ; moulins à vent, etc., par M. Lebleu.

Digitized by Google

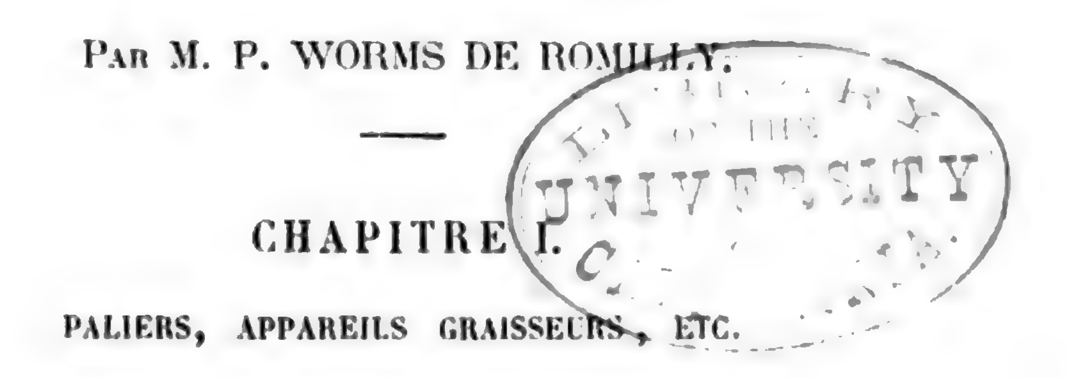
CLASSE 53

MACHINES ET APPAREILS DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE

SECTION I

PIÈCES DÉTACHÉES DE MACHINES, PALIERS, EMBRAYAGES, DÉCLICS, APPAREILS DE GRAISSAGE, COMPTEURS, DYNAMOMÈTRES, MODÈLES ET DESSINS DE MACHINES

PAR M. P. WORMS DE ROMILLY.



CHAPITRE I.

PALIERS, APPAREILS GRAISSEURS, ETC.

§ 1. — Paliers et appareils graisseurs.

Paliers. — Les paliers hydrauliques de M. Jouffray sont destinés à équilibrer une partie de la pression que les arbres des machines tendent à exercer sur les surfaces frottantes. Dans ces appareils, un vide, ménagé au milieu du coussinet, est mis en communication avec un réservoir où l'eau est maintenue à une pression déterminée, au moyen d'un piston plongeur chargé de poids; la déperdition d'eau est presque nulle, de sorte que le réservoir peut être de très-petite dimension, et il suffit de le remplir à des intervalles de temps assez éloignés ; quant aux arbres verticaux, pourvu qu'ils présentent un bourrelet saillant, on peut leur appliquer une disposition analogue. Il est

Digitized by Google

évident qu'en diminuant la pression, on diminue l'usure des pièces. Le système de M. Jouffray a déjà été appliqué avec avantage dans plusieurs usines.

M. Piret a exposé un palier graisseur, qu'il appelle appareil hélicoïdal; un palier ordinaire, dont le réservoir à huile supérieur est ouvert et très-évasé, est fixé au milieu d'une boîte métallique dont le fond forme un second réservoir dans lequel l'huile retombe en sortant des coussinets. La boîte-enveloppe est fermée et elle s'adapte exactement sur l'arbre, qui se prolonge un peu au delà des coussinets. Celui-ci est muni, à son extrémité, d'un disque pleinvenu de fonte, avec des nervures qui figurent sur l'un de ses côtés, deux couronnes concentriques et quelques cloisons transversales; le disque est calé sur l'arbre, et, pendant la marche, il fait fonction de roue élévatoire, versant constamment dans le récipient placé sur le palier le liquide qu'il recueille au fond de la boîte-enveloppe et qui peut être indifféremment de l'eau ou de l'huile. L'inclinaison des cloisons sur les couronnes doit varier avec la vitesse de rotation; il suffit, du reste, de trois types différents pour toutes les vitesses inférieures à 1,000 tours par minute. L'appareil hélicoïdal a déjà été essayé avec succès sur plusieurs lignes de chemins de fer.

M. Bourdon a imaginé un petit appareil pour graisser les paliers intermédiaires, servant à guider les arbres verticaux; sur l'arbre est fixé un godet de forme annulaire; une roue pleine, dont l'axe horizontal est fixe, se trouve en contact avec le fond du godet. Lorsque l'arbre tourne, la roue roule sur le fond du godet, l'huile qui adhère à sa surface est recueillie par une petite cuillère métallique qui est placée au-dessus d'elle et qui ramène l'huile sur le palier d'où elle retombe dans le godet annulaire.

Appareils graisseurs. — M. Wirth a exposé un appareil très-bien combiné pour le graissage des cylindres à vapeur. Deux soupapes sont disposées entre le godet à huile et le

Digitized by Google

cylindre; ces pièces, qui fonctionnent automatiquement, ne livrent passage à l'huile que dans les moments où la pression dans le cylindre est inférieure à la pression atmosphérique, c'est-à-dire lorsque la machine marche sans vapeur, en vertu de sa force vive. Ces circonstances se présentent très-fréquemment dans les locomotives. Aussi, les graisseurs de M. Wirth ont été principalement appliqués par les compagnies de chemins de fer.

MM. Amenc et Delacoux des Rozeaux emploient des godets graisseurs en verre; un tube percé de deux trous ou deux tubes différents amènent l'huile sur l'arbre, qui l'entraîne par une sorte de succion, et font remonter dans le godet l'air nécessaire pour que l'écoulement puisse continuer. La transparence des godets rend la surveillance très-facile.

Dans un autre genre d'appareils adoptés par divers constructeurs, la graisse est placée dans un vase cylindrique en métal, fermé par un piston que l'on charge d'un poids plus ou moins lourd, suivant l'activité que l'on veut donner au graissage.

§ 2. — Engrenages et garnitures.

Engrenages. — M. Piat a exposé des engrenages bien faits et des roues d'angles à trois séries de dents étagées. Toutes ces pièces sont bien exécutées.

Garnitures. — Les boîtes à garniture métallique de M. Duterne permettent de supprimer les garnitures d'étoupes généralement employées, et dont l'entretien exige beaucoup de temps et de soins. La tige du piston, quand il s'agit, par exemple, d'un cylindre à vapeur, est embrassée par deux pièces coniques coulées avec un alliage particulier que M. Duterne appelle antifriction; ces pièces sont pressées par l'action de la vapeur contre la tige du piston et contre la boîte-enveloppe, de forme également conique. Pour la garniture de l'arbre de couche de l'hélice dans un bâtiment, l'action de la vapeur est remplacée par celle d'un matelas en caoutchouc. Une disposi-

Digitized by Google

tion analogue est employée par M. Duterne pour les pistons; la garniture est alors formée de deux cercles métalliques pressés contre les parois du cylindre par des bandes annulaires de caoutchouc.

CHAPITRE II.

APPAREILS D'EMBRAYAGE.

On a exposé plusieurs systèmes d'embrayage qui n'exigent pas le déplacement de la courroie de commande. Dans l'appareil de M. Franchot, la poulie, dont les rayons sont reportés sur l'un des côtés, est folle sur l'arbre ; un frein, formé de deux sabots en bois, est placé à son intérieur et tourne avec l'arbre ; en écartant les sabots de l'arbre, on les presse contre la poulie qui est entraînée. Deux petits ressorts, fixés aux sabots du frein et au manchon d'embrayage, produisent le serrage ; l'appareil ne peut se désembrayer de lui-même, parce que le déplacement du manchon exigerait d'abord une compression des ressorts, qui ne peut être produite par le jeu de l'appareil.

Dans le système de MM. Wright et Smith, le frein est formé par deux pièces de fer en forme de Σ que l'on peut presser contre la poulie au moyen de coins en fer adaptés au manchon.

Dans l'appareil de MM. Brown et Sharpe, les sabots sont en fer et aussi larges que la poulie, dont ils couvrent environ la moitié de la circonférence ; un levier coudé, soulevé par un manchon de forme conique, les presse contre la poulie qui devient ainsi solidaire avec l'arbre. Le frein d'embrayage d'Olmstead se compose de deux poulies concentriques; une pièce de bois est placée entre elles, et, suivant la position qu'on lui donne, elle laisse les poulies indépendantes ou les cale l'une sur l'autre.

Digitized by Google

M. Stumpf a exposé des robinets automatiques bien exécutés. Le robinet à clapet, pour les conduites où les liquides sont soumis à une haute pression, est bien conçu; le soulèvement du clapet se fait par un excentrique, de manière à ce que la manœuvre n'exige qu'un faible effort.

CHAPITRE III.

COMPTEURS POUR VOITURES. — DYNAMOMÈTRES. — RÉGULATEURS.

§ 1. — Compteurs.

Divers appareils ont été présentés comme moyen de contrôle pour les voitures de place. MM. Bertrand et Addenet, Meuley et Verdier ont exposé des compteurs qui donnent le détail du travail effectué par les voitures, en tenant compte des temps d'arrêt, des parcours à vide et à charge, de la vitesse de marche. Ces appareils sont un peu compliqués; la mesure du chemin parcouru est déduite du nombre de tours des roues; de là d'assez grandes difficultés de construction à cause des chocs et des déplacements que subissent les essieux pendant la marche; ces difficultés ont été heureusement surmontées par MM. Meuley et Verdier, au moyen d'un levier à ressort. Si la complication de ces appareils ne les rend pas trop sujets à des dérangements, ils peuvent donner un contrôle exact et efficace.

Le compteur de M. Robert offre une disposition plus simple; mais aussi il n'enregistre que la durée et le nombre des courses, sans tenir compte de la vitesse de marche, et il exige même, jusqu'à un certain point, l'intervention du voyageur.

§ 2. — Dynamomètres.

Les dynamomètres de M. Taurines sont destinés à mesurer

Digitized by Google

le travail de machines puissantes; ils ont servi à faire des expériences nombreuses sur les machines-outils des ateliers d'Indret et sur le travail développé par les machines des bâtiments à hélice; l'effort exercé est mesuré par la déformation d'un resssort. Le dynamomètre de rotation pour machines de 6 à 8 chevaux se compose de deux cylindres concentriques, solidaires, l'un du moteur, l'autre de la machine-outil; ils sont reliés l'un à l'autre au moyen de deux ressorts en arc de cercle fixés aux extrémités de quatre manivelles calées sur les cylindres, et transmettent, d'un arbre à l'autre, l'effort exercé sur l'un d'eux. Un troisième ressort transversal est assujetti par ses extrémités au milieu des deux premiers. Si on cherche à vaincre la résistance de la machine-outil, les deux ressorts circulaires se courbent, leurs milieux s'écartent, et le milieu du troisième ressort subit un déplacement longitudinal suivant la direction de l'axe de l'appareil. Ce déplacement est en rapport avec l'effort exercé; il suffit donc de l'enregistrer sur une bande mobile pour obtenir un diagramme du travail produit.

De nombreuses expériences ont été faites sur les hélices de bâtiments à vapeur avec les dynamomètres de rotation et de poussée de M. Taurines, et elles ont fourni des données précieuses montrant l'influence de la forme et du nombre des ailettes sur l'utilisation de la puissance de la machine et la régularité de la marche.

Nous croyons devoir encore citer ici la bascule à ressorts de M. Taurines, dont le principe diffère entièrement de celui sur lequel sont ordinairement basés les appareils de ce genre. M. Taurines appelle couple élastique le système de deux ressorts parallèles dont deux sommets opposés sont encastrés sur une même pièce inflexible, tandis que les deux autres sont l'un fixe et l'autre assujetti à ne se déplacer que sur le prolongement de sa direction. Quand une force agit de manière à produire un déplacement de ce genre, les ressorts se courbent, la pièce inflexible s'incline, et, si un levier de grande longueur est encastré sur elle, son extrémité subira un dépla-

Digitized by Google

cement considérable pour une très-faible courbure des ressorts. En faisant reposer le tablier de la bascule sur quatre couples élastiques, et en transformant le mouvement du levier en mouvement d'une aiguille sur un cadran, M. Taurines a construit une bascule automatique très-sensible; l'aiguille s'arrête très-rapidement sur le chiffre qui correspond au poids placé sur le tablier, de manière à ce qu'on puisse faire les pesées en très-peu de temps; la lecture du poids est facile; enfin la pratique prouve la solidité et l'inaltérabilité de l'appareil.

M. Bourdon a construit un dynamomètre de rotation composé d'une lame de ressort, sur laquelle on exerce un effort proportionnel à celui qui est transmis du moteur à la machine. Deux arbres sont reliés par des courroies ou tout autre moyen, l'un au moteur, l'autre à l'outil; ces arbres sont parallèles, ils sont munis chacun d'une roue dentée à engrenage hélicoïdal; l'arbre relié à la machine-outil peut se déplacer dans le sens de sa longueur, il n'est retenu que par la réaction du ressort sur le milieu duquel il vient s'appuyer. Si les roues d'engrenage avaient leurs dents génératrices parallèles aux axes des arbres, la transmission du mouvement produirait sur chaque dent en contact un certain effort qui se traduirait par une pression sur les paliers; mais, à cause de l'inclinaison des dents, cet effort se décompose en deux forces, l'une dirigée verticalement et détruite par les paliers, l'autre dirigée parallèlement à l'axe; cette dernière fait glisser l'axe jusqu'à ce que la réaction du ressort lui fasse équilibre; une aiguille à levier suit les mouvements du ressort et indique, sur un cadran gradué, l'intensité de l'effort transmis. Il serait bien facile, d'ailleurs, de compléter cet appareil, de manière à lui faire enregistrer ses indications. Le dynamomètre de M. Bourdon offre cet avantage qu'on peut ne transmettre, à la partie délicate de l'appareil, qu'une très-petite fraction de l'effort exercé; il suffit pour cela de donner aux dents une très-faible inclinaison par rapport à la direction de l'axe.

Digitized by Google

Les dynamomètres exposés par M. Clair sont très-habilement construits. On sait que ces appareils sont tous basés sur l'emploi d'un ressort qui est placé entre la puissance et la résistance, et dont la déformation est enregistrée sur une feuille de papier animée d'un mouvement continu et semblable à celui de la manivelle ou de la roue sur laquelle agit la puissance. Pour les dynamomètres de traction, M. Clair a modifié les dispositions anciennement adoptées, de manière à ce que l'observateur puisse suivre le tracé du crayon pendant la durée de l'expérience.

Bien que le pandynamomètre de M. Hirn ait été examiné dans une autre classe, nous croyons devoir au moins mentionner ici le principe de cet appareil. M. Hirn mesure la torsion que subit un arbre de couche lorsqu'il est soumis à l'action de la puissance motrice et à celle de la résistance appliquée à ses deux extrémités. Si on détermine, par une expérience de statique, l'intensité du couple qui donne une torsion égale à celle qui se produit sur l'arbre pendant le travail, on aura l'expression du travail transmis, en multipliant le moment de ce couple par le nombre de tours de l'arbre; M. Hirn a réalisé plusieurs dispositions pour mesurer la torsion de l'arbre. On voit, par ce rapide exposé, que le pandynamomètre jouit à la fois de deux propriétés très-importantes; il peut être adapté aux organes employés dans les usines sans que ceux-ci subissent aucune modification, et il donne, à chaque instant, la mesure du travail transmis par le moteur aux machines qu'il fait fonctionner.

Le frein de Prony jouit de la première propriété, mais non de la seconde; le contraire a lieu pour les dynamomètres précédemment cités.

§ 3. — Régulateurs.

En général, les régulateurs agissent directement sur la valve ou détente qui règle la puissance du moteur; mais, lorsque la manœuvre de cette pièce exige un effort assez grand, comme pour la vanne des moteurs hydrauliques, le régulateur ne sert

Digitized by Google

qu'à déterminer, au moyen d'un appareil d'embrayage, le sens dans lequel la machine elle-même fait mouvoir la vanne.

Parmi les régulateurs hydrauliques, nous citerons celui de M. Rieter. Avec cet appareil, la machine n'agit sur la vanne que lorsque les boules s'écartent de leur position moyenne; quand elles reviennent en sens inverse, la vanne devient indépendante de la machine. Pour obtenir ce résultat, M. Rieter place deux systèmes d'embrayage sur l'arbre qui donne le mouvement à la vanne : l'un détermine le sens de la rotation, suivant que le régulateur monte ou descend, à partir de sa position moyenne; l'autre isole ou non la vanne de la machine motrice, suivant que le régulateur s'approche ou s'écarte de la même position.

Il résulte d'expériences faites sur cet appareil par M. Rieter, qu'un moteur hydraulique de plus de 100 chevaux, conduisant un atelier de construction de machines, avec une vitesse de 106 tours à la minute, ne subit pas de variations de plus de 10 tours par minute, et que la durée du temps qui s'écoule entre deux passages de la machine, par la vitesse moyenne, ne dépasse pas ordinairement trente à cinquante secondes.

Les régulateurs de machines à vapeur agissent directement sur la valve d'admission ou sur la détente; il faut, par conséquent, qu'ils aient une masse assez grande, surtout lorsqu'ils doivent agir sur une détente dont la mise en mouvement exige un effort notable.

On a cherché, depuis plusieurs années, à trouver des régulateurs isochrones, c'est-à-dire dont la vitesse d'équilibre fût indépendante de la position du régulateur et, par conséquent, du travail résistant, puisque à chaque position du régulateur correspondent une ouverture donnée de la valve et une puissance déterminée. Le régulateur à boule centrifuge de Watt ne jouit pas de cette propriété; diverses dispositions ont été imaginées; elles donnent un isochronisme parfait ou approximatif, pour une certaine amplitude d'oscillations du pendule autour de sa position moyenne. On peut faciliter la solution du problème en

Digitized by Google

soustrayant l'appareil à l'action de la pesanteur; il suffit pour cela d'équilibrer chaque boule par une masse équivalente, placée de l'autre côté de son point d'appui. Ce résultat, de peu d'importance pour les machines fixes, en a beaucoup pour les machines marines.

L'isochronisme n'est pas la seule difficulté qui doive être résolue dans la construction d'un régulateur; il faut, en outre, que les amplitudes des oscillations, qu'il fait autour de sa position d'équilibre, forment une série rapidement convergente. Si l'on diminue brusquement l'intensité de la résistance opposée à une machine, la vitesse s'accélère jusqu'à ce que le régulateur ait atteint la position qui correspond à l'équilibre entre la puissance et la résistance. Il est évident que plus le régulateur obéira rapidement aux indications du moteur, plus la marche de la machine sera régulière. Cette condition a été observée principalement dans deux appareils bien dissemblables d'ailleurs : le régulateur de M. Foucault et celui de M. Siemens.

En général, les régulateurs ont toujours la même vitesse que la machine; si celle-ci s'accélère, le régulateur cesse d'être en équilibre, il se déplace et réagit sur la détente; mais, dans les appareils que nous venons de citer, il n'en est pas ainsi : le régulateur est relié à la machine par un intermédiaire tel que, si la vitesse de la machine change, le régulateur continue à se mouvoir avec la vitesse qu'il possédait auparavant, et, par le seul fait de ce désaccord, le moteur lui-même agit sur la valve d'admission de vapeur, d'autant plus énergiquement que le désaccord est plus grand, et avant que le régulateur ne commence à se déplacer sous l'action de la variation de force centrifuge.

Dans le régulateur de Watt, les bras qui supportent les boules sont fixés à un arbre vertical mû par la machine; dans le régulateur de M. Foucault, ces bras sont fixés à une chape qui repose sur le sommet de l'arbre, et le mouvement se transmet aux boules par l'action du manchon; à

Digitized by Google

cet effet, l'arbre porte un pas de vis dont le manchon forme l'écrou; enfin, au-dessus de la chappe et faisant corps avec elle, est un volant. Pour obtenir l'isochronisme, M Foucault relie les deux boules par un ressort à boudin dont les points d'attache sont placés sur les boules, en dehors de la ligne des centres. Nous devons ajouter que M. Farcot avait été conduit, en même temps que M. Foucault, à adopter cette disposition de ressort, qui donne une solution d'isochronisme approximatif très-suffisante pour la pratique.

Quand la vitesse de l'arbre moteur augmente, le régulateur conserve sa vitesse primitive, et alors la vis presse sur son écrou et le force à remonter, ce qui modifie immédiatement la position de la valve d'admission, et, par suite, la puissance du moteur; dans un régulateur ordinaire, le mouvement ascensionnel des boules ne se serait fait sentir qu'après que la force centrifuge aurait été assez intense pour vaincre l'inertie de tout le système. La masse du volant a une très-grande influence sur la convergence des oscillations; si cette masse est très-considérable, le régulateur cesse d'être un régulateur de vitesse et les oscillations disparaissent; la résistance vient-elle à varier, le régulateur tend à passer directement de la position qu'il occupe à celle qui lui convient désormais.

M. Siemens a exposé un régulateur d'un système entièrement nouveau, dont nous allons essayer de donner une idée. L'arbre, mû par la machine, est terminé par une plate-forme qui sert de support à l'axe du régulateur; la plate-forme est munie d'un rebord denté à l'intérieur, et l'axe porte une roue dentée de même hauteur que celle de la plate-forme; mais la différence des rayons de ces deux roues est assez grande, et deux autres roues dentées, symétriquement placées et égales, forment liaison entre les premières. Dans ces conditions, le mouvement de l'un des axes se transmet à l'autre, et si les vitesses des deux axes sont de sens contraire et dans le rapport résultant de la forme des engrenages, les centres

des roues intermédiaires resteront fixes dans l'espace ; si l'axe du régulateur n'offre aucune résistance, et que le déplacement des roues intermédiaires, qui sont liées entre elles par un disque et reliées à la valve d'admission de vapeur, exige un certain effort, l'axe du régulateur aura toujours la vitesse correspondant à celle de la machine; si, au contraire, une certaine résistance est opposée par le régulateur, les centres des roues intermédiaires se déplaceront et modifieront la position de la valve d'admission.

Voici comment M. Siemens provoque la résistance du régulateur : l'axe de cet appareil est surmonté d'une coupe à section parabolique et de révolution, ouverte à ses deux extrémités, et qui est enveloppée dans une boîte cylindrique fermée, contenant de l'eau jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du fond de la coupe; dans le mouvement, l'eau, entraînée par la coupe, comme si elle était contenue à l'intérieur d'un vase fermé, s'élève contre les parois, et, à partir d'une certaine vitesse, est projetée par-dessus le bord. Cette coupe porte extérieurement une série d'ailettes contre lesquelles l'eau vient choquer en retombant au fond de la boîte-enveloppe; de là une résistance qui croît avec la vitesse, et à cause de l'intensité croissante du choc, et à cause de l'augmentation du volume d'eau projeté.

Cet appareil, un peu modifié, a pu être appliqué à régler les pendules électriques et a donné des résultats d'une exactitude remarquable. La vitesse d'équilibre dépend du niveau auquel l'eau monte dans la boîte-enveloppe, et il est facile de le maintenir toujours à la même hauteur.

M. Roland a inventé un système de régulateur absolument isochrone et composé de deux plateaux reliés par deux, trois ou quatre losanges articulés à un troisième plateau intermédiaire calé sur l'arbre de la machine. Les deux premiers peuvent se déplacer sur l'arbre qui leur sert de guide et d'axe; chaque losange porte une boule sur l'un de ses

Digitized by Google

côtés terminés au plateau fixe; les bras de leviers de ces masses sont très-courts.

M. Roland a cherché ainsi à diminuer le moment d'inertie qu'il considère comme la cause des oscillations à longues périodes. Une relation très-simple existe entre la vitesse, la masse des boules et celle des plateaux extrêmes; elle est indépendante de la position des boules, et il suffit de charger d'un poids additionnel les plateaux mobiles pour modifier la vitesse correspondant à l'équilibre.

M. Larivière a exposé les régulateurs connus déjà, depuis plusieurs années, sous son nom. Un piston mobile dans un cylindre est relié à la valve d'admission; l'un des compartiments du cylindre communique avec une pompe à air mue par la machine, et avec l'atmosphère par une ouverture dont on peut faire varier la section : suivant le rapport qui existe entre les vitesses d'entrée et de sortie de l'air, le piston se maintient à un niveau plus ou moins élevé et ouvre plus ou moins la valve d'admission de vapeur. Cet appareil est adopté par un très-grand nombre de constructeurs.

M. A. Bemiest a exposé un système de régulateur à poids. La manœuvre de la valve résulte de la différence de vitesse de deux roues semblables, l'une à mouvement constant, réglé par un balancier, l'autre en relation directe avec la machine. Une chaîne sans fin passe sur les deux roues, et la partie de la chaîne comprise entre elles est tendue par un poids, qui est soulevé ou abaissé suivant que l'une ou l'autre des deux roues possède la plus grande vitesse ; de là, un déplacement vertical dont on se sert pour actionner la valve. Le régulateur de M. Bemiest présente une assez grande complication et exige probablement un entretien très-soigné ; enfin, il ne peut convenir que pour une machine fixe.

M. Farcot a exposé un régulateur isochrone à boules équilibrées, pour machines marines. Nous avons déjà dit comment M. Farcot obtient l'isochronisme; toutes les causes

Digitized by Google

qui tendent à altérer la marche de l'appareil sont détruites dans ce régulateur, qui ne présente d'autre défaut qu'une assez grande complication, peut-être plus apparente que réelle, car elle est due, en partie, au croisement des pièces réunies dans un espace restreint; un mécanisme spécial permet de faire varier la vitesse d'équilibre. Dans le modèle exposé, il faut, pour produire ce changement, arrêter la marche du régulateur; mais, dans un nouvel appareil déjà combiné, cet arrêt de la machine ne sera plus nécessaire.

Le régulateur Porter est un pendule conique dont les boules sont très-petites par rapport au manchon en forme d'urne auquel elles sont reliées.

Le régulateur Pickering est formé de deux disques parallèles reliés par trois ressorts plats; l'un des disques est fixé sur un arbre creux mû par la machine, l'autre sur une tige qui traverse l'arbre et dont l'extrémité inférieure est attachée à la soupape-valve qui règle l'admission de vapeur. Quand la vitesse croît, les ressorts se courbent, le disque supérieur s'abaisse et ferme la soupape.

Les régulateurs Porter et Pickering sont très-employés en Angleterre et aux États-Unis; ils ne fonctionnent bien qu'à une vitesse de 250 à 400 tours par minute.

Dans l'appareil de Judson, les tourillons des bras du régula teur sont placés à une certaine distance de l'axe, et les bras e mêmes sont prolongés au delà de ces tourillons du côté de l'axe. Quand les boules s'écartent, par exemple, les prolongements des bras prennent un mouvement en sens contraire de celui des boules; ils pressent alors sur la tige d'une valve disposée comme dans le régulateur précédent. Cet appareil est d'une construction simple.

Nous avons considéré les régulateurs au point de vue de la régularité qu'ils impriment à la machine; mais il est un autre point de vue, qui présente une grande importance pratique et qui est souvent laissé de côté par les constructeurs. Le rendement d'une machine peut différer dans

Digitized by Google

de très-larges limites, suivant que le régulateur agit sur la détente ou sur une valve placée dans le conduit d'amenée de la vapeur. Le dernier système est plus général, et peut s'appliquer indistinctement à toutes les machines; le rétrécissement du passage de la vapeur est évidemment nuisible, mais cet effet est sensible, surtout quand la résistance est faible et que, par suite, la consommation de vapeur est elle-même très-petite. Si le régulateur agit au contraire sur la détente, la détente diminue, lorsque la résistance est très-grande, et la perte de vapeur est alors au maximum. D'après cela, on peut dire qu'il sera indifférent d'agir sur l'admission de vapeur ou sur la détente, pour les machines qui marchent habituellement avec toute leur puissance, et plus avantageux d'agir sur la détente, pour celles qui n'ont, le plus souvent, à vaincre qu'une résistance bien inférieure à leur puissance dans la marche et avec la détente normale.

CHAPITRE IV.

MODÈLES ET DESSINS DE MACHINES.

M. Clair a exposé une série de modèles de machines, exécutés, soit en relief, soit sur carton, pour les musées et pour l'enseignement. Les appareils faits pour la démonstration sont disposés avec intelligence. Entre autres progrès réalisés dans leur construction, nous citerons l'addition d'un cercle divisé sur les arbres des modèles de transmission de mouvement, de manière à rendre plus faciles à saisir les rapports des vitesses des diverses pièces.

M. Beylich a présenté deux modèles de transmission de mouvement entre deux arbres dont les axes sont compris dans un même plan. Dans l'un de ces appareils, une roue dentée, calée sur un axe intermédiaire, engrène avec les roues coniques adaptées sur les deux autres. La nature du

Digitized by Google

mouvement n'est pas modifiée par ce mode de transmission, et on peut établir un rapport quelconque entre la vitesse de rotation des arbres extrêmes. L'axe de la roue intermédiaire est fixé à un manchon mobile sur le premier arbre, de sorte que l'on peut lui faire prendre une position arbitraire sur le cône qu'il décrit lorsque le manchon tourne sur son axe. La troisième roue est calée sur l'arbre auquel on doit transmettre le mouvement, et cet arbre est relié à l'axe de la roue intermédiaire comme celui-ci l'est au premier. On peut donner aux axes extrêmes toute position telle que l'angle qu'ils forment entre eux soit supérieur à la somme des demi-angles au sommet des cônes primitifs de leurs engrenages et inférieur à cette somme augmentée de l'angle au sommet du cône primitif de l'engrenage intermédiaire.

M. Beylich présente une solution encore plus générale dans laquelle la roue intermédiaire est supprimée. Deux roues identiques sont montées sur les deux arbres; mais, au lieu d'être coniques, elles ont la forme d'un quart de tore, c'est-à-dire qu'on peut les considérer comme engendrées par la rotation autour de l'axe d'une sorte de trapèze rectangle dont le côté oblique serait remplacé par un arc de cercle de 90 degrés, de rayon égal à la hauteur du trapèze, et ayant son centre sur la plus longue des bases. Si on fait varier la position du second axe par rapport au premier, de manière à ce que les deux surfaces sphériques roulent l'une sur l'autre sans glisser, les parties des deux roues en contact seront toujours des parties identiques et, par conséquent, susceptibles d'engrener. Il en résulte que l'on peut faire varier l'angle des axes de 0 à 180 degrés, et que ceux-ci seront toujours animés de vitesses égales. M. Beylich a trouvé que, pendant le roulement des deux surfaces l'une sur l'autre, il y avait, sur l'axe de chaque roue, un point qui décrivait sensiblement un arc de cercle par rapport à l'autre roue supposée fixe. Il suffit donc d'assujettir ce point à parcourir une glissière de forme convenable et de relier cette glissière à un manchon mobile sur l'autre arbre,

Digitized by Google

pour qu'on puisse donner une inclinaison quelconque aux axes. Cette solution, très-remarquable au point de vue théorique, ne serait peut-être pas applicable pour transmettre de grands efforts, parce que la prise des dents ne se fait que par leurs arêtes et sur une faible étendue, mais elle pourrait certainement être utilisée pour des instruments où la résistance serait peu considérable.

Les ouvrages de M. Armengaud sont trop universellement appréciés pour qu'il ne suffise pas de rappeler ici les services que cet ingénieur a déjà rendus et rend encore tous les jours par ses publications, qui forment aujourd'hui le recueil le plus complet des machines et appareils employés dans les industries les plus diverses.

Digitized by Google

SECTION II

APPAREILS FUMIVORES. — COMPTEURS. — APPAREILS DE JAUGEAGE — POMPES. — PRESSES, ETC.

Par M. LEBLEU.

CHAPITRE I.

FUMIVORES (1).

Depuis un grand nombre d'années, la question de la fumivorité des foyers en général, et surtout de ceux des chaudières à vapeur, a été l'objet d'études entreprises par des ingénieurs, des industriels, souvent même par des personnes étrangères à la théorie et à la pratique. Cette préoccupation était justifiée par l'augmentation toujours croissante du nombre des appareils à vapeur, dont l'établissement, dans l'intérieur des villes, rendait les inconvénients plus manifestes. Mais elle avait surtout pour base un préjugé, dont le temps, les démonstrations théoriques et de nombreuses expériences sont à peine parvenus à faire justice. En voyant des torrents de fumée noire s'échapper des cheminées, on s'imaginait que le carbone ainsi entraîné constituait une perte sérieuse de combustible. Aussi tous les inventeurs de fumivores avaient-ils la prétention d'obtenir une économie considérable par l'application de leurs appareils. C'est en vain qu'on leur disait que la coloration de la fumée était due à des proportions infinitésimales de carbone, comparables à la goutte de carmin qui suffit pour donner une

(1) Voir le rapport de M. Ed. Grateau (cl. 47), pour plus de détails.

Digitized by Google

teinte rouge à une masse d'eau considérable. Il fallait des expériences plus précises; elles ont été faites sur une grande échelle par la Société Industrielle de Mulhouse et répétées depuis en différents endroits. Il est maintenant admis et reconnu par tout le monde :

1° Que, dans un foyer de chaudière ordinaire à bouilleurs, le maximum de rendement correspond à l'introduction de la quantité d'air strictement nécessaire à la combustion;

2° Que, cependant, les pertes résultant d'une introduction d'air plus grande peuvent être compensées, au moins en partie, par l'addition de bouilleurs réchauffeurs de l'eau d'alimentation.

Il résulte de ces principes qu'un appareil fumivore, qui presque toujours introduit un excès d'air dans le foyer, est ordinairement une cause de perte, mais jamais ne peut être une cause d'économie de combustible.

Cependant la question de fumivorité avait un autre intérêt au point de vue des inconvénients réels occasionnés par la fumée. Déjà le cahier des charges des compagnies de chemins de fer leur avait prescrit de consumer la fumée des locomotives, quand le décret de janvier 1865 a imposé la même obligation aux propriétaires de chaudières à vapeur fixes. Cette mesure administrative a naturellement amené une recrudescence dans les inventions d'appareils fumivores. Cependant aucune idée nouvelle ne s'est fait jour, et les inventeurs ont constamment tourné dans le même cercle que leurs prédécesseurs. Tous les fumivores, en effet, se rapportent à quelques types que nous pouvons grouper de la manière suivante, comme l'a fait M. Turck dans une notice à la Société des Ingénieurs Civils :

1° Foyers à grilles mobiles; 2° introduction complémentaire d'air chaud ou froid au-dessus, au-dessous, en bout de la grille ; 3° insufflation de vapeur surchauffée ou non, sur la flamme, sur le combustible, sous la grille, dans la cheminée ; 4° insufflation d'un mélange d'air et de vapeur dans les mêmes

Digitized by Google

conditions; 5° foyers à flamme renversée, à écran, à deux grilles latérales ou superposées, inclinées, en gradins, etc.

L'application de ces principes a conduit, depuis un grand nombre d'années, les inventeurs à une multitude de dispositions qui se rapprochent plus ou moins les unes des autres. Plusieurs appareils ne donnent qu'une perte insensible de combustible, et sont réellement fumivores, tant qu'ils sont employés avec soin par un chauffeur intelligent; mais il faut bien le reconnaître, ce cas ne se présente pas ordinairement dans la pratique. Toujours, ou presque toujours, on obtient des résultats satisfaisants pendant la durée des expériences, alors que l'inventeur ou ses agents s'occupent eux-mêmes, avec des soins incessants, du bon fonctionnement de l'appareil fumivore, du chargement de la grille, etc. Mais ordinairement, dès que le tout est remis entre les mains du chauffeur, la fumée reparaît, et l'appareil ne fonctionne plus. En effet, si les chauffeurs sont assez intelligents et assez actifs pour donner les soins nécessaires à un fumivore, ils pourraient l'être suffisamment pour charger convenablement la grille et ne produire ainsi que très-peu de fumée, sans fumivore, tout en obtenant un excellent rendement. Dans les locomotives, les inconvénients de la fumée sont aussi singulièrement atténués par le mécanicien qui veut s'en donner la peine, et qui s'aide pendant les stationnements de l'insufflation de la vapeur dans la cheminée. Si, à ces précautions, on joint celle de choisir le combustible ou d'opérer des mélanges convenables, on peut arriver à faire disparaître presque complétement la fumée noire ou même grise, en obtenant des rendements considérables. Aussi, en Alsace, où la Société Industrielle de Mulhouse a créé des écoles de chauffeurs, voit-on des établissements très-importants complétement dégagés de fumée, malgré leurs quinze et vingt cheminées, et cependant on obtient avec un kilogramme de combustible médiocre jusqu'à 8 kilogrammes et demi de vapeur.

Nous croyons avoir expliqué, par ce qui précède, les motifs

Digitized by Google

pour lesquels les appareils fumivores entrent peu dans la pratique. Cependant nous répétons que plusieurs d'entre eux sont heureusement combinés et ont donné de bons résultats aux expériences. Quelques-uns même pourront, à la suite d'une longue pratique, devenir utiles, surtout à la petite industrie, en corrigeant, dans une certaine mesure, les effets d'un chauffage imparfait ou d'un choix défectueux de combustibles. Toutefois, nous ne croyons pas devoir les décrire : d'abord, parce qu'ils se rapportent tous à l'un des types définis ci-dessus, et qu'on ne trouve dans aucun d'eux une invention récente, puis, parce que la comparaison entre les différents appareils n'est possible qu'à la condition d'une discussion longue et approfondie que ne comporte pas le présent rapport. Si nous nous contentions d'émettre des opinions, elles pourraient avoir une influence sur le développement de l'industrie que certains inventeurs ont créée pour l'application de leurs brevets. C'est pourquoi nous croyons devoir nous en tenir aux termes généraux dans lesquels nous avons apprécié l'état de la question de la fumivorité.

CHAPITRE II.

APPAREILS DE JAUGEAGE DES LIQUIDES ET DES GAZ.

---

§ 1. — Compteurs à eau.

La recherche d'un appareil mesurant avec exactitude la quantité d'eau débitée par un tuyau est depuis longtemps l'objet d'efforts persévérants. Un grand nombre de systèmes ont été proposés ; mais tandis que, en Angleterre, plusieurs d'entre eux ont été franchement adoptés, malgré leurs légères imperfections, les compagnies françaises plus sévères attendent encore un instrument satisfaisant à toutes les conditions qu'elles

Digitized by Google

regardent comme indispensables. Le degré d'approximation atteint par quelques-uns des appareils exposés paraît cependant bien suffisant pour la pratique ; les progrès qu'il reste à faire consistent surtout dans la simplification des mécanismes et dans le choix des moyens permettant d'établir ces instruments à des prix modérés.

Le compteur de M. Siemens, qui date de 1854, a subi avec succès les nombreuses expériences à la suite desquelles son emploi a été adopté par plusieurs industriels de Birmingham. Dans cet appareil, l'eau passe dans un tambour qu'elle fait tourner en s'échappant par des disques munis de rainures en spirale. L'axe de ce tambour commandant les rouages des cadrans porte un modérateur composé de lames sur lesquelles l'eau exerce une résistance calculée de manière que la vitesse de rotation du tambour soit proportionnelle à la quantité d'eau qui le traverse.

Le compteur de la compagnie Kennedy, de Kilmarnock (Écosse), dont plus de 10,000 exemplaires sont déjà en usage, se recommande par la modicité de son prix ; il est d'ailleurs d'une précision bien suffisante, l'erreur en plus ou en moins ne dépassant pas 1 pour 100.

Celui de MM. Walter et fils, de Birmingham, présente aussi une disposition fort ingénieuse.

Parmi les appareils proposés par les exposants français, plusieurs se recommandent par leur simplicité et leur fonctionnement régulier, autant du moins qu'on peut en juger par de nombreuses expériences.

Dans le compteur de M. Lenoir, de Paris, on retrouve la disposition générale des compteurs à gaz. L'eau arrive au centre d'une roue à aubes inclinées sur l'axe horizontal, et traverse, avant de sortir de l'appareil, un récipient d'air destiné à prévenir les chocs dits coups de bélier. Nous citerons aussi les compteurs de M. Zambaux, de M. Coignard et de M. Flaud.

Celui de M. Clément, d'Orléans, mérite une description spéciale pour ses dispositions toutes nouvelles. Il se compose

Digitized by Google

d'une cloche, ou récipient cylindrique, recevant l'eau par un point de la circonférence de sa base et la rendant par le centre ; cinq augets fixes, placés régulièrement à l'intérieur de la cloche, correspondent à des orifices rayonnant vers le centre, où un robinet distributeur les fait communiquer, tantôt avec l'eau d'arrivée contenue dans la cloche, tantôt avec le tuyau d'écoulement. Une membrane flexible forme la paroi de chaque auget du côté intérieur ; en raison du nombre impair de ces réservoirs partiels et de la disposition des orifices du robinet distributeur, la vidange s'opère dans trois augets, tandis que les deux autres se remplissent. Il se produit alors une pression sur les membranes des premiers et une dilatation de celles des derniers. Le robinet distributeur est fixé à l'extrémité d'un axe vertical présentant un coude ou manivelle à la hauteur des centres des augets; chaque membrane de ceux-ci se trouve ainsi transformée en piston agissant, par l'intermédiaire d'une bielle et d'un plateau, sur la manivelle de l'axe central qui traverse le couvercle supérieur du compteur, et met en mouvement les rouages des aiguilles du cadran. Le volume des augets est déterminé, et l'on sait qu'à chaque tour de l'axe de la manivelle correspond un débit égal à la capacité totale de ces augets.

La pièce importante de ce système de compteur est évidemment le robinet distributeur qui doit tourner dans son boisseau sans fuites ni frottement trop prononcés. M. Clément est arrivé à construire des appareils donnant des indications suffisamment exactes dans la pratique, l'erreur en plus ou en moins ne dépassant pas 2 ou 3 pour 100 du volume d'eau mesurée. La perte de charge en vertu de laquelle l'appareil fonctionne peut d'ailleurs être réduite à des limites très-restreintes. L'excès de pression agit, en effet, sur des surfaces assez étendues, celles des membranes, et le travail à développer se borne à la rotation de l'arbre du robinet distributeur. Enfin, les eaux boueuses peuvent être mesurées par ce compteur, pourvu que les détritus ne soient pas assez volumineux pour

Digitized by Google

obstruer les orifices, et le mécanisme de l'appareil est assez simple pour ne pas nécessiter d'entretien coûteux. Il paraît destiné à rendre des services réels comme compteur de consommation dans les maisons d'habitation desservies par une distribution d'eau.

Enfin, le compteur présenté par M. Du Boys, ingénieur des ponts et chaussées, semble avoir résolu, d'une manière très-heureuse, la question du jaugeage des liquides sous pression, sans occasionner de perte de charge sensible. Cet appareil consiste en un vase ayant la forme d'une lentille composée de deux cuvettes en fonte boulonnées l'une à l'autre, et qui peut osciller autour de son diamètre horizontal. A l'intérieur, cette lentille est divisée en deux compartiments par un diaphragme mobile formé d'un disque métallique appliqué contre une feuille de caoutchouc, pincée, sur toute sa circonférence, dans le joint qui réunit les deux cuvettes. Ce diaphragme peut ainsi, grâce à sa souplesse, s'appliquer successivement contre la paroi interne de chaque cuvette. Il porte, d'ailleurs, une tige qui guide son mouvement en traversant les deux fonds de la lentille. L'axe horizontal ou diamètre autour duquel la lentille peut osciller porte un robinet tournant dans son boisseau ; les deux positions inclinées, limites de l'oscillation, correspondent aux ouvertures d'entrée et de sortie de l'eau. Ainsi le vase ou lentille se remplit et se vide alternativement par l'un et l'autre fond. L'eau introduite repousse par sa pression le diaphragme contre la paroi opposée et expulse celle qui se trouve de l'autre côté de celui-ci. Cet appareil fonctionnait régulièrement dans la grande galerie des machines.

Il est impossible que tous les efforts dont nous venons de rendre compte n'aboutissent pas à une solution pratique, et nous pouvons espérer, avant peu, voir les compteurs à eau entrer complétement dans la pratique des compagnies concessionnaires des eaux dans les grandes villes de France.

Digitized by Google

§ 2. — Compteurs à gaz.

Les appareils de jaugeage des gaz employés d'une manière courante, depuis l'origine de l'éclairage par l'hydrogène carboné, ont été successivement améliorés ; aussi, aujourd'hui, avons-nous à constater la perfection atteinte dans la construction de ces appareils par les maisons importantes qui s'en occupent.

M. Thomas Glover, de Londres, a exposé un spécimen des compteurs secs qui fonctionnent au nombre de 250,000 dans la Grande-Bretagne. MM. George Glover et Cie, de Londres, ont présenté un gazomètre, très-remarquable par les dispositions et le soin avec lequel tous les détails en ont été étudiés. En outre, les compteurs et autres appareils pour le gaz exposés par cette maison se distinguent par leur construction élégante et leur solidité. Nous devons encore citer, parmi les appareils de précision pour le gaz qui nous viennent de la Grande-Bretagne, les compteurs secs et ceux à niveau d'eau invariable de la Compagnie Gas-Meter, de M. Defries et de M. Sugg, tous de Londres ; ce dernier a exposé aussi d'excellents appareils photométriques ; enfin les compteurs de consommation de MM. Newton et Braddock, de Oldham. La description de ces appareils nous entraînerait à des détails que ne comporte pas le présent rapport.

D'autres nations étrangères ont aussi exposé des compteurs et des gazomètres remarquables, notamment la Prusse, représentée par M. Elster et M. Pintsch, de Berlin, et l'Espagne, par MM. Ciervo et Cie, de Barcelone.

En France, les deux maisons qui ont exposé les appareils les plus intéressants sont MM. Siry-Lizars et Cie et MM. Brunt et Cie, de Paris. La première, qui a des succursales à Marseille, à Leipzig et à Barcelone, construit des appareils pour une partie de l'Europe ; ses compteurs de fabrication, de grande dimension et de forme cylindrique, méritent surtout d'être remarqués.

Digitized by Google

MM. Brunt et C[ie], qui fournissent aussi les usines à gaz d'un grand nombre de villes de France et de l'étranger, ont exposé des appareils de précision fort intéressants, notamment un indicateur de pression, un gazomètre dont la cloche est mathématiquement équilibrée, et un régulateur à double cône.

Nous devons encore citer, parmi les exposants français, M. Williams, dont les compteurs sont fort appréciés ; M. Garnier, qui a présenté un contrôleur automatique du gaz, et M. Giroud, tous trois de Paris ; le régulateur télégraphique de ce dernier a donné d'excellents résultats dans les expériences auxquelles il a été soumis.

Cet examen général nous conduit à la conclusion déjà formulée : que la fabrication des appareils de précision pour le gaz a atteint un degré de perfection jusqu'à présent inconnu. Mais tous les perfectionnements consistent dans des détails qu'il nous est impossible de décrire ; aucune invention nouvelle ne marque un progrès saillant depuis la dernière Exposition Universelle.

CHAPITRE III.

APPAREILS DE PESAGE.

Ce que nous venons de dire des appareils de précision pour le gaz s'applique aussi aux appareils de pesage, dont la construction se perfectionne tous les jours, sans avoir donné lieu, depuis la dernière Exposition Universelle, à des inventions importantes ou à l'application de nouveaux principes. Cependant, des études intéressantes ont été faites sur les ponts à bascule des chemins de fer pour le réglage des ressorts de locomotives, et la construction des appareils destinés à l'agriculture s'est développée.

La maison Fairbanks, de St-Jonhsbury, Vermont (États-

Digitized by Google

Unis), a suivi cette voie ; elle présente les modèles des différentes bascules qu'elle fournit en nombre considérable aux différents États de l'Union, pour le pesage du bétail, du fourrage, du charbon, des cannes à sucre, des grains, etc. Une autre bascule fort intéressante, employée sur un grand nombre de canaux américains, est destinée au pesage des bateaux et peut supporter un poids de 500 tonnes. Tous ces appareils, construits d'après des principes déjà connus, présentent des dispositions ingénieuses qui en rendent l'emploi très-facile.

L'usine de la Mulatière (ancienne maison Catenot-Béranger), de Lyon, a exposé un ensemble très-complet des différentes balances et bascules qu'elle construit. On y remarque un pont à bascule, avec cadre en fonte supprimant les fondations en maçonnerie, assurant l'invariabilité du fonctionnement et permettant un déplacement facile et presque sans dépense. Un système ingénieux de calage est appliqué à ce pont. Les bascules portatives de la même maison et la bascule dite *peso-mesureur* qui sert à mesurer et peser simultanément les grains et les liquides, sont aussi dignes d'une sérieuse attention.

M. Sagnier, de Montpellier, s'est appliqué surtout à la construction des ponts à bascule pour locomotives ; une machine à dix ponts indépendants, exposée dans la classe 63, est remarquable par la disposition des pièces de mécanisme, et l'heureux agencement du fer et de la tôle qui, partout, remplacent le bois, trop facilement altérable, et la fonte trop cassante et trop lourde. Ce même principe a été conservé dans les autres appareils exposés par M. Sagnier, tels que les romaines-bascules, les balances-bascules et les engins roulants.

MM. Pooley et fils, de Liverpool, ont exposé une bascule self-acting pour le pesage des grains. Elle se compose de deux récipients qui se remplissent et se vident alternativement sous l'action d'un jet continu de grain fourni par un alimenteur, dans lequel il est versé par un procédé quelconque. Chaque récipient se déverse lorsqu'il a reçu un poids déterminé, de sorte que le jeu alternatif de l'un et de l'autre, enregistré par

Digitized by Google

un compteur, indique la quantité totale de grain qui a traversé l'appareil.

Une grue-balance a été présentée par MM. Denison et fils, de Leeds (Grande-Bretagne). Entre l'extrémité de la chaîne de la grue et le crochet auquel doit être suspendu le fardeau à soulever, se trouve une petite romaine indiquant le poids de ce fardeau. Un appareil semblable a été exposé par M. Vernay, de Paris. Ce mode de pesage excessivement simple peut rendre des services incontestables.

M. Schember, de Vienne, a présenté différentes bascules qui toutes se font remarquer par leur utilité pratique; les unes sont destinées au pesage des animaux ou des denrées et des produits des mines ; enfin des balances destinées au commerce se distinguent par leur bonne exécution. Nous devons encore citer, en Autriche, M. Florenz, de Vienne; en Belgique, M. Vander-Elst, de Braine-le-Comte; en Suède, M. Tengelin, de Stockholm; en Prusse, MM. Dopp frères, de Berlin.

Parmi les constructeurs français dont les produits ont été remarqués, nous citerons MM. Falcot et Cie, de Lyon; MM. .Orcel et Cie, de Lyon ; M. Kuhn, de Saverne; MM. Suc, Chauvin et Cie, de Paris; M. Paupier, de Paris; M. Babonaux, de Valenciennes.

En résumé, la construction des appareils de pesage s'est beaucoup perfectionnée depuis quelques années; en même temps qu'elle s'est pliée aux exigences du moment, elle a fait des progrès remarquables au point de vue des chemins de fer et a rendu des services signalés à l'agriculture.

Digitized by Google

CHAPITRE IV.

POMPES.

§ 1. — Pompes centrifuges.

La construction des pompes révèle, par les nombreux types exposés, l'intérêt qui s'attache à ces appareils. De notables perfectionnements ont été apportés, tant dans la disposition des organes que dans leurs formes extérieures, suivant les usages divers auxquels ils sont destinés. Toutefois, le fait le plus important à constater, c'est la rapide extension qu'a prise la pompe dite centrifuge, et les efforts des constructeurs dirigés dans le but d'arriver à l'application avantageuse de ce système et d'en atténuer les inconvénients. La simplicité du mécanisme, l'absence de pièces pouvant se détériorer par le travail, enfin la facilité de la commande, avaient attiré l'attention des ingénieurs sur cette pompe, qui, représentée par deux ou trois spécimens seulement à la dernière Exposition Universelle, a, depuis quelques années, acquis une grande importance résultant de services incontestables.

Nous commencerons donc l'examen des pompes par les appareils dont le perfectionnement est basé sur la force centrifuge.

MM. Gwynne et C[ie], de Londres, sont les créateurs du modèle de pompe qui a prévalu. Perfectionné depuis avec succès, ce modèle présente une grande stabilité et fournit un rendement considérable.

On sait que le point de départ de la pompe centrifuge se trouve dans le ventilateur, aspirant l'air par le centre et le rejetant par la circonférence ; cette pompe n'est ainsi, à proprement parler, qu'un *ventilateur à eau*. Le grand écueil de

cet appareil consiste dans l'introduction de l'air, soit par les presse-étoupes de l'axe, soit par les joints de l'enveloppe, soit enfin par le tuyau d'aspiration lui-même, qui amène avec l'eau une plus ou moins grande quantité d'air. Cet air s'accumule au centre de l'appareil, y acquiert une tension capable de faire équilibre à la pression atmosphérique, et la pompe cesse alors de fonctionner. Pour remédier à ce grave inconvénient, qui a été primitivement le principal obstacle à la propagation de la pompe centrifuge, les constructeurs ont imaginé différents systèmes qui les ont conduits aux types divers aujourd'hui adoptés.

MM. Neut et Dumont, constructeurs à Paris, emploient à cet effet un tuyau communiquant à sa partie supérieure avec la colonne ascensionnelle et débouchant dans une enceinte ménagée autour du presse-étoupes. Toute la charge de l'eau élevée vient ainsi presser, de l'intérieur à l'extérieur, la douille en bronze formant le fond du presse-étoupes et s'opposer à la rentrée de l'air. Leurs pompes de toutes grandeurs débitant, suivant les dimensions, de 6 mètres à 500 mètres cubes par heure, présentent, d'ailleurs, d'autres avantages. Ces constructeurs sont parvenus à atténuer sensiblement les chocs et les remous de l'eau, à l'intérieur de la pompe, par une disposition fort bien étudiée de la roue à aubes ou turbines, portant les palettes qui chassent l'eau dans le tuyau de refoulement. Ces palettes sont courbées de manière à se dégager facilement de la colonne ascensionnelle ; elles sont venues de fonte avec deux plateaux annulaires, qui les réunissent et qui forment, avec le moyeu de la roue, les aubes directrices conduisant, sans choc sur les palettes, l'eau aspirée au centre de chaque côté du moyeu. Une nervure arrondie. ménagée sur le milieu de la largeur de la palette, amortit d'ailleurs le choc des masses liquides affluant dans deux directions opposées. Enfin, l'eau projetée à la circonférence de la roue trouve un canal de section circulaire et croissante qui facilite son entrée dans le tuyau de refoulement.

Digitized by Google

Une pompe de MM. Neut et Dumont alimente le lac principal du parc; elle est mue par le câble télodynamique de M. Hirn, dont la description se trouve au rapport de la classe 52; elle fonctionne avec une grande régularité.

Après de nombreux essais sur le système Gwynne, M. Coignard, de Paris, est arrivé à des dispositions nouvelles qui, bien que fondées toujours sur la force centrifuge, s'éloignent sensiblement du type primitif. Dans le système ordinaire, les palettes, droites ou courbes, placées au milieu de l'enveloppe reçoivent l'eau des deux côtés, ce qui produit un remous plus ou moins fort au point de rencontre des masses liquides dirigées l'une vers l'autre. Au lieu de roues à palettes, M. Coignard emploie deux plateaux distincts calés aux extrémités de l'arbre et tournant à une très-faible distance de l'enveloppe. Ces deux plateaux ou tambours forment ainsi les parois latérales du corps de pompe; ils comprennent entre eux un espace rempli par l'eau aspirée, qui s'y divise en deux colonnes divergentes et se dirige vers des nervures en forme de spirale partant du moyeu et aboutissant à la circonférence de chacun. Ils sont d'ailleurs exactement entourés; de sorte que l'eau ne trouve aucune issue avant d'avoir atteint les ouvertures par où elle doit s'échapper. En quittant ces tambours, l'eau pénètre dans une enceinte fermée de toutes parts, sauf au point où elle débouche dans le tuyau d'ascension par des courbes arrondies. Ce système, que l'auteur appelle pompe hélicoïde-centrifuge, est parfaitement conçu. Il soustrait à la pression de l'eau le tourillon de l'arbre dont les paliers, munis d'un appareil de graissage continu, ne peuvent d'ailleurs laisser pénétrer de l'air dans l'intérieur de la pompe. L'eau, attirée au centre de l'enveloppe par le vide relatif qui s'y produit, arrive sans obstacle dans les ouvertures que forment les naissances des deux spirales de chaque tambour, et elle ne participe au mouvement de rotation qu'après avoir été saisie par les nervures.

L'inconvénient de l'entrée de l'air au centre de la pompe est évité dans le système Coignard, d'abord par la disposition

Digitized by Google

des deux tambours qui, en réalité, forment deux pompes conjuguées entre lesquelles l'aspiration s'effectue, les parois antérieures restant pleines du côté du presse-étoupes; ensuite par une communication ménagée entre la colonne ascensionnelle et le milieu de la masse aspirée à l'intérieur. M. Coignard peut, d'ailleurs, à volonté, faire agir les deux tambours simultanément comme il vient d'être dit, ou successivement de la manière suivante : l'eau n'est admise que dans l'un des tambours d'où elle est refoulée dans le second avec la vitesse qui lui reste acquise et qui se trouve augmentée par l'action du deuxième tambour, de sorte que l'on diminue ainsi le débit en augmentant à volonté la vitesse ou la charge. On peut d'ailleurs ainsi diminuer sensiblement la vitesse de rotation sans craindre de voir la pompe se désamorcer.

Une pompe de M. Coignard, du modèle dit à vitesse ordinaire, a fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition dans la galerie des Machines avec la plus grande régularité. Une autre élève une partie de l'eau nécessaire aux besoins de l'Exposition ; une troisième sert à des expériences journalières à Billancourt. MM. Williamson frères, de Kendal (Grande-Bretagne), M. Bernays, de Londres, MM. Malo et C^ie^, de Dunkerque, ont également exposé des pompes à force centrifuge présentant des perfectionnements notables, surtout en ce qui concerne l'évacuation de l'air introduit au centre. MM. Andrews frères, de New-York, ont de plus cherché à faciliter la sortie de l'eau, en donnant au canal de fuite la forme d'une spirale à sections croissantes se raccordant au déversoir supérieur.

En résumé, la pompe centrifuge est arrivée au point de constituer un puissant instrument qui a déjà rendu de grands services à des travaux importants entrepris récemment. Elle a été appliquée avec avantage, dans le percement de l'isthme de Suez, à la création de marais salins, à l'alimentation de canaux, etc. On n'a pas oublié que le vaisseau la *Floride*, échoué dans le port du Havre, a été remis à flot par une pompe centrifuge de M. Coignard, qui a pu seule effectuer cet

Digitized by Google

important sauvetage, les anciens modes d'épuisement s'étant trouvés insuffisants. La vulgarisation de cette machine, entrée depuis quelques années seulement dans le domaine de la pratique, constitue l'un des progrès les plus saillants que nous ayons à mentionner.

§ 2. — Pompes à piston.

La similitude des mouvements d'un piston de pompe et de celui d'une machine à vapeur a suggéré l'idée d'assembler directement ces deux organes sur une même tige. La transmission de mouvement du moteur à la pompe se trouve ainsi d'une grande simplicité, et l'appareil complet se trouve condensé sous un petit volume. Avant l'apparition de l'injecteur Giffard, les machines connues sous le nom de *cheval d'alimentation*, établies sur ce principe, étaient assez répandues; elles formaient un accessoire indispensable des grandes machines à vapeur employées dans la navigation; sur certaines lignes de chemins de fer, les locomotives en étaient également munies. Plusieurs constructeurs ont appliqué ce système à des pompes élévatoires, comme MM. Canet, Marshall et C^ie^, de Leeds (Grande-Bretagne); MM. J.-F. Cail et C^ie^, de Paris, la Société des chantiers de l'Océan, etc. Les dispositions adoptées varient dans les détails, surtout en ce qui concerne la distribution du cylindre à vapeur. Au point de vue spécial qui nous occupe, nous citerons le mécanisme appliqué à la machine de MM. Cail et C^ie^, consistant dans une commande directe des clapets d'aspiration, à l'aide d'un excentrique calé sur l'arbre du volant. Cette machine, destinée à l'alimentation d'une chaudière de 550 chevaux, pourrait aussi s'appliquer à un service d'élévation d'eau. Comme tous les appareils sortant des mêmes ateliers, elle se fait remarquer par la bonne proportion des pièces, leur heureux groupement et la stabilité de l'ensemble.

Dans la catégorie des pompes à piston mues directement

Digitized by Google

par un moteur à vapeur, nous citerons encore les machines de MM. Scott, de Rouen, qui alimentent le réservoir supérieur du Trocadéro ; les pistons sont mis en mouvement par des bielles articulées aux balanciers des machines à vapeur. L'appareil élévatoire de MM. Hermann, Lachapelle et Glover, de Paris, qui alimente un château d'eau établi sur la plate-forme de la grande galerie des Machines, présente un autre exemple de pompes accouplées au moteur ; mais ici la transmission s'opère par des engrenages. MM. Henry et Peyrolles, de Paris, ont exposé également une machine à vapeur horizontale actionnant directement des pompes à double effet montées sur le même bâti. M. Hubert, de Paris, outre une locomobile à pompes adhérentes, qui figurait déjà à l'Exposition de 1862, présente la réduction au quart d'une machine à vapeur horizontale de 40 chevaux à deux cylindres et deux corps de pompe, destinée au service de distribution d'eau dans les villes de Blois et de Chartres. Parmi les pompes de grande puissance indépendantes du moteur, celle de M. Fourneyron, qui vient d'être enlevé par une mort prématurée, a présenté une disposition connue déjà, mais qui n'avait pas, à notre connaissance, été appliquée encore sur une aussi grande échelle. Le corps cylindrique renferme deux pistons doués de mouvements en sens contraire l'un de l'autre. Cet appareil élève l'eau à une hauteur de 80 mètres.

La maison Letestu, de Paris, a conservé son rang distingué parmi les fabricants de pompes. Les modèles exposés comprennent des pompes d'épuisement à bras, fort appréciées des architectes pour les travaux de fondation, et des pompes marines d'une construction remarquable. Tous les pistons de ces pompes sont du système dont M. Letestu est l'inventeur, et qui est connu déjà depuis un grand nombre d'années. Les pompes du même constructeur qui fontionnent près du grand lac, pour l'alimentation des cascades et rivières du parc, présentent des dispositions bien étudiées.

M. Thirion, de Paris, a installé pour le même service une

Digitized by Google

pompe à deux corps verticaux, placés de chaque côté d'un balancier oscillant au sommet du réservoir d'air. Ce balancier est commandé par une bielle et une manivelle recevant le mouvement d'une locomobile de M. Rouffet. Dans le jardin réservé, une pompe à trois corps et à simple effet, du même exposant, est affectée au service de l'aquarium marin ; elle se distingue par les dispositions spéciales qui ont permis de réunir dans un espace très-restreint la machine avec sa chaudière, les pompes et le récipient d'air.

MM. Schabaver et Fourès, de Castres, présentent plusieurs spécimens de la pompe dite *castraise*, dans laquelle l'intérieur du cylindre est mis à l'abri des corps étrangers entraînés par l'eau. La boîte à clapets sphériques superposés forme un cylindre latéral placé dans la direction des tuyaux d'aspiration et de refoulement, de sorte que l'eau aspirée n'éprouve aucune déviation en la traversant. Des expériences officielles ont consacré les avantages incontestables de cette disposition.

Parmi les pompes ordinaires à bras, celles de M. Douglas, de Middletown, sont remarquables par la variété et l'élégance des formes, ainsi que celles de MM. Déplechin, Letombe et Mathelin, de Lille, qui à ces avantages joignent celui d'un prix très-peu élevé. Des pompes rotatives spécialement destinées au transvasement des liquides, exposées par MM. Henry et Peyrolles, aspirent et refoulent indistinctement par chacun des tuyaux, suivant le sens du mouvement de rotation de la manivelle.

Avant de quitter les pompes à pistons pleins, citons encore les appareils de M. Brossement, de Paris, dans lesquels les clapets, retenus par un couvercle et une vis de serrage, peuvent se démonter et être visités avec la plus grande facilité, et les pompes de M. Perraux, dont les clapets et les pistons se composent de valves en caoutchouc, ce qui leur donne une grande douceur. Ces derniers appareils figuraient à l'Exposition de 1862.

Digitized by Google

§ 3. — Pompes diverses.

Pour l'élévation des liquides plus ou moins chargés d'immondices, comme par exemple les purins de ferme, plusieurs des dispositions adoptées offrent un certain intérêt. Ainsi la pompe de M. Armandies, de Lagny, est d'une simplicité remarquable; le piston est formé d'un plateau rectangulaire et horizontal oscillant autour de son petit axe, dans une auge complétement ouverte à la partie supérieure. Ce piston est attaché directement au balancier et est percé de deux larges ouvertures munies de clapets plats qui peuvent livrer passage à tous les corps étrangers entraînés. Les pompes à soufflet de M. Motte, de Paris, sont avantageusement employées pour la vidange et les épuisements. Leur nom indique assez leur mode d'action pour qu'il soit inutile de les décrire. Dans la même catégorie d'appareils, citons encore les pompes à membrane flexible de MM. Perrin et fils, de Vuillafans (Doubs).

MM. Dudon-Mahon et Desvignes, de Soissons, emploient dans leurs pompes un piston creux servant de réservoir d'air et portant le tuyau de refoulement. Dans leurs petits modèles, propres à l'arrosage, et dont le prix est fort modique, le tuyau de refoulement forme en même temps la tige du piston, et reçoit un tube en caoutchouc terminé par un ajutage qui peut lancer l'eau à une distance relativement considérable.

Une pompe à bras, exposée par M. Farcot et ses fils, présente une disposition nouvelle du piston; afin d'éviter l'étranglement de la section pendant le passage de l'eau de la face inférieure à la face supérieure, ce piston porte une série de clapets concentriques, étagés suivant une surface conique; ces ouvertures annulaires présentent ainsi une surface égale à la section même du cylindre.

§ 4. — Pompes à incendie.

Il est peu d'appareils d'un usage aussi répandu que les

Digitized by Google

pompes à incendie : chaque établissement d'une certaine importance tient à se pourvoir des moyens propres à arrêter les progrès des sinistres qui menacent si fréquemment la propriété. On comprend dès lors tout l'intérêt qui s'attache au perfectionnement des appareils destinés à combattre l'élément destructeur par excellence. Les nombreux spécimens de pompes envoyés à l'Exposition montrent que la recherche des meilleurs modèles est une question d'intérêt général.

Il n'y a pas bien longtemps qu'on a songé à remplacer par la force de la vapeur les hommes chargés de la fatigante manœuvre des pompes à incendie. La réalisation de cette idée, si simple en apparence, a coûté bien des efforts. L'honneur en revient aux États-Unis : MM. Lee et Learned, de New-York, sont les inventeurs de la pompe à incendie à vapeur, du type dit américain, qui a paru pour la première fois à l'Exposition Universelle de Londres. Ce type a été adopté par la Société des chantiers et ateliers de l'Océan, qui ont été en France les premiers constructeurs de ce genre d'appareils. La Grande-Bretagne nous avait devancé dans cette voie ; mais, de même qu'en 1862, elle est représentée uniquement par deux exposants : MM. Merryweather et fils, de Londres, et MM. Shand, Mason et C^ie^.

Les essais comparatifs faits au mois d'avril dernier ont permis de reconnaître les progrès accomplis dans la construction de ces pompes. Chacun des exposants anglais ayant amené deux modèles de grandeur différente, les essais ont porté sur des appareils de force à peu près égale. La supériorité est restée acquise à MM. Merryweather dans les deux expériences ; leur grande pompe a donné surtout des résultats remarquables; elle a lancé, par dessus le grand phare français, c'est-à-dire à une hauteur de 50 mètres, un jet d'eau de 45 millimètres de diamètre et a fonctionné pendant plusieurs heures sans difficulté.

Le principal organe d'une pompe à incendie à vapeur est évidemment la chaudière, qui doit être disposée de manière à fournir une grande quantité de vapeur et à pouvoir être mise

Digitized by Google

en pression le plus vite possible. MM. Merryweather ont adopté le système imaginé par M. Field, il y a quelques années, et qui a déjà donné d'excellents résultats en Angleterre. Le caractère distinctif de ce système consiste dans des tubes fermés, suspendus de manière à être complétement léchés par la flamme et les gaz du foyer. Ces tubes bouilleurs communiquent par une extrémité seulement avec la chaudière; ils portent intérieurement des tuyaux de diamètre plus petit de moitié, ouverts à leurs deux extrémités et évasés à leur partie supérieure en forme d'entonnoir. Le dégagement de la vapeur produite dans l'espace annulaire compris entre les tubes se fait avec une grande facilité, l'eau vaporisée étant immédiatement remplacée par le courant rapide qui s'établit, de haut en bas, dans le tuyau intérieur. La pression de la vapeur, dans la chaudière de ce système appliqué à la pompe à incendie de MM. Merryweather, atteint un degré suffisant pour le fonctionnement de la machine, au bout de dix minutes et demie après l'allumage du feu.

Dans la pompe à incendie du système américain exposé par la Société des chantiers de l'Océan, la chaudière verticale a une grande surface de chauffe et un volume d'eau réduit à sa dernière limite. Cependant, la mise en pression est moins rapide que dans la chaudière Field ; cela vient sans doute de la difficulté qu'éprouve l'eau à circuler dans l'espace annulaire formé par deux tubes concentriques présentant au feu l'un sa face extérieure, l'autre sa face intérieure.

Les pompes à incendie à vapeur de MM. Shand et Mason, quoique n'ayant fourni que des résultats un peu inférieurs à celles de leurs concurrents, ont néanmoins fonctionné d'une manière très-satisfaisante.

Une pompe à vapeur française de M. Thirion est arrivée à l'Exposition après la clôture des opérations du Jury ; cette machine possède deux cylindres verticaux à vapeur comprenant entre eux trois corps de pompe commandés par l'arbre de couche. Tout le système repose sur une plaque de fonda-

Digitized by Google

tion attachée à l'arrière de la chaudière ; les principaux organes de l'appareil se trouvent ainsi à découvert, ce qui doit faciliter la surveillance, l'entretien et les réparations.

Les pompes à incendie disposées pour être manœuvrées à bras d'hommes peuvent être considérées comme ayant atteint leurs derniers perfectionnements; le modèle adopté par la ville de Paris est dû à M. Flaud, de Paris, qui s'est acquis dans cette spécialité une réputation méritée. Les deux pompes exposées par ce constructeur sont des produits de sa fabrication courante : l'une est aspirante et foulante, l'autre foulante seulement. M. Flaud a déjà livré 3,700 pompes de ce dernier modèle ; un chiffre aussi élevé témoigne assez du soin apporté dans la construction et de la valeur pratique de l'appareil connu sous le nom de *pompe de la ville de Paris.* Les pompes à incendie exposées par MM. Thirion, Gouery-Canat, Darasse, Rohée, de Paris, Lambert, de Vuillafans, s'écartent peu de ce type consacré par l'usage.

M. Devilder, de Cambrai, expose une pompe à peu près semblable aux précédentes, mais dont le chariot, suspendu sur des ressorts, peut être attelé d'un cheval lancé au galop. La pompe à quatre roues de M. Bouchard, de Lyon, est remarquable comme dispositions et fini d'exécution. Il en est de même de celle de M. Simon, de Saint-Dié, qui a livré un grand nombre de pompes semblables aux communes de l'est de la France.

Une innovation due à MM. Prével et Suzanne, de Paris, applicable seulement à de petites pompes, consiste à employer l'essieu du chariot comme arbre moteur et les roues comme volants.

On trouve des pompes à incendie dans presque toutes les sections étrangères de l'Exposition ; les modèles adoptés présentent plus de variété qu'en France. Les corps de pompe occupent tantôt la position horizontale, tantôt la position verticale ; les transmissions du mouvement des balanciers oscillants aux pistons présentent assez souvent des particularités

Digitized by Google

intéressantes. Citons comme appareils bien disposés et parfaitement construits les pompes à incendie de M. Kurtz, de Stuttgard ; de MM. Kirchdœrffer et fils, de Hall (Wurtemberg) ; de M. Magirus, d'Ulm ; de MM. Bikkers et fils, de Rotterdam ; celles de l'usine à gaz de Neufchâtel et de M. Schenk, à Worblaufen (Suisse) ; enfin celles de MM. Butenop frères, à Moscou, et de M. Guevort-Papoutchjian, à Constantinople.

On voit que la pompe à incendie à bras est un produit dont la fabrication a pris un grand développement. Chaque pays, du reste, a ses ateliers de construction dont le marché ne s'étend pas généralement au delà des frontières.

La pompe à incendie à vapeur, au contraire, soulève diverses objections qui ont fait ajourner son emploi. Bien qu'elle soit en usage en Amérique et en Angleterre depuis plusieurs années, aucune ville de France ne l'a encore adoptée. Cependant, des sinistres récents qui ont montré l'insuffisance des pompes à bras paraissent appeler l'attention des municipalités sur l'utilité d'appareils plus efficaces, mus par la vapeur, et on peut espérer que la défaveur attachée jusqu'ici à cette nouvelle application de la vapeur cessera prochainement. Déjà la ville de Lyon a fait une commande à MM. Merryweather.

§ 5. — Puits à grand débit.

A la question des pompes à grand débit se rattache naturellement celle de l'augmentation de la production des puits d'eau ordinaire. M. Donnet, de Lyon, a imaginé un système qui permet d'extraire du sol une quantité d'eau beaucoup plus grande que par les moyens habituels. Dans un puits ouvert tel qu'on les a toujours établis jusqu'à présent, le niveau de l'eau atteint la hauteur de la nappe souterraine qui l'alimente ; mais quand on puise de l'eau, ce niveau descend plus ou moins, suivant la quantité extraite. L'afflux du liquide au fond du puits n'a lieu, en effet, qu'en vertu de l'excès de hauteur de la nappe, et l'on peut facilement, avec

Digitized by Google

une pompe d'un débit approprié, arriver à tirer du puits toute l'eau que fournit l'infiltration. Si donc le débit du puits est moindre que celui de la pompe, celle-ci doit chômer plus ou moins longtemps. M. Donnet a eu l'heureuse idée de forcer l'infiltration en ajoutant à la dénivellation, en vertu de laquelle elle s'opère, toute la charge de la pression atmosphérique. A cet effet, il coule dans le puits une cloche métallique d'un diamètre égal à celui de ce puits et fermée hermétiquement à sa partie supérieure par une plaque également métallique, placée à peu près au niveau de la nappe souterraine. Le tuyau d'aspiration de la pompe s'ajuste sur cette plaque. La surface de l'eau du puits se trouvant ainsi soustraite à l'action de l'air et soumise tout entière à la succion de la pompe, son niveau ne peut plus s'abaisser; les petits canaux d'infiltration débouchant à la base du puits, c'est-à-dire dans la cloche, se dégorgent, s'agrandissent et se rectifient pour livrer passage à l'eau de la nappe avec laquelle le puits se trouve, dès lors, en communication directe.

Un puits du système Donnet a été établi sur la berge de la Seine, dans le hangar des pompes; un autre a été percé à l'île de Billancourt. Le premier a été l'objet d'expériences qui ne laissent aucun doute sur la réalisation complète de l'objet poursuivi par l'inventeur. La cloche en tôle, coulée au fond de ce puits, a un diamètre de 1^{m}500 et une hauteur de 1^{m} 20. Par suite d'une baisse subite des eaux de la Seine, le plafond de cette cloche se trouvait à 0^{m}30 au-dessus du niveau du fleuve. La locomobile à pompes adhérentes de M. Hubert, montée sur ce puits, n'avait pas cessé un instant de fournir de l'eau pendant trois heures consécutives; mais quand on eut ouvert le trou d'homme ménagé sur la cloche et rétabli de la sorte la communication de l'eau du puits avec l'air, l'on vit le niveau de l'eau descendre rapidement dans la cloche, qui se trouva complétement vidée en 10 minutes par le jeu des pompes dont le tuyau d'aspiration avait été descendu au fond du puits. Il fallut alors attendre pendant

Digitized by Google

30 minutes, pour que l'infiltration relevât le niveau de $0^{m}415$; la locomobile fut remise en marche, et au bout de 7 minutes le tuyau d'aspiration émergeait de nouveau. Ainsi, tandis que le puits ouvert ne pouvait alimenter la pompe que pendant 7 minutes sur 37, le même puits, fermé suivant le système Donnet, fournissait régulièrement de l'eau d'une manière continue.

Le procédé si simple imaginé par M. Donnet nous paraît devoir rendre de grands services à l'industrie comme à l'agriculture. Plusieurs applications, déjà faites à Lyon et à Saint-Étienne, ont donné d'excellents résultats.

§ 6. — Appareils divers.

Nous terminerons l'examen des pompes en mentionnant les divers appareils de M. le marquis de Caligny, de Versailles. Cet exposant s'est voué depuis longtemps à la science de l'hydraulique, et ses diverses découvertes, publiées dans les recueils spéciaux, sont bien connues des savants. Sa pompe conique, sans piston ni soupapes, élevant l'eau dans un tube vertical animé d'un mouvement alternatif, peut rendre des services quand elle est appliquée à des liquides imparfaits, tels que les purins de fumier. Ses moteurs hydrauliques, à flotteur ou à piston oscillant, sont des réalisations heureuses des théories nouvelles, mais ils ne sont pas encore entrés dans le domaine de la pratique. Citons encore de cet inventeur infatigable un appareil propre à diminuer la quantité d'eau dépensée dans chaque éclusée des canaux de navigation. Au lieu de laisser l'eau s'écouler librement dans le bief d'aval, M. de Caligny utilise la charge à en faire remonter une partie dans le bief supérieur au moyen d'un appareil ingénieux qui a été expérimenté avec succès sur le canal de la Marne au Rhin. Toutefois, l'économie qui peut résulter de l'application de cet appareil n'a pas une grande importance, car la quantité d'eau dépensée pour les éclusées ne représente qu'une fraction minime de la consommation totale d'un canal.

Digitized by Google

CHAPITRE V.

PRESSES.

Les presses hydrauliques ou autres sont en petit nombre à l'Exposition Universelle ; cependant quelques-unes sont très-intéressantes.

M. Hessé, de Marseille, a exposé un groupe de deux presses hydrauliques avec leurs cages en fer, chacune de ces presses étant munie d'un robinet distributeur. Le moteur qui les fait fonctionner se distingue par quelques particularités remarquables ; il est de la force de 16 chevaux et pourrait, au besoin, desservir 25 à 30 presses. Il se compose de deux machines à vapeur dont les manivelles sont à angle droit sur un même arbre, qui, au moyen d'engrenages, communique le mouvement à huit pompes à double effet. L'eau refoulée par ces pompes se rend dans un appareil dit compensateur, que l'on pourrait aussi appeler accumulateur. C'est un cylindre dans lequel se meut verticalement un piston à diamètres différentiels. Les pompes, par l'injection, agissent sur la différence de surface résultant des deux diamètres, et l'eau se répartit ensuite dans les presses avec la pression du compensateur. La tige du piston est munie à sa partie inférieure d'un contre-poids équivalant à cette pression ; selon ses différentes positions, elle agit sur la valve d'admission de la vapeur ; de sorte que la vitesse des machines est proportionnelle à la quantité d'eau dépensée.

Cette disposition ingénieuse n'est pas la seule qui distingue les appareils de M. Hessé. Le robinet distributeur de chaque presse est une tige creuse percée latéralement de trois orifices très-petits qui, suivant la hauteur à laquelle ils se trouvent placés dans le mouvement vertical de la tige, établissent ou isolent la communication entre le compensateur et la presse,

Digitized by Google

ou permettent le déchargement de celle-ci, en laissant à l'eau un écoulement libre quoique très-faible. Le mouvement de la tige est réglé par une manivelle toujours à la disposition de l'ouvrier.

Ces combinaisons très-bien conçues, la concentration des différents appareils dans un espace très-restreint, leur construction soignée font des presses hydrauliques de M. Hessé des engins très-utiles à la fabrication des huiles, industrie très-importante à Marseille.

M. Egells, de Berlin, a exposé aussi une presse hydraulique des plus intéressantes. La pression de l'eau obtenue par une pompe que met en mouvement une machine à vapeur est transmise, par l'intermédiaire de tuyaux en fer étiré, à un piston dont la tige porte un marteau pour le cinglage des loupes sortant des fours à puddler. Nous franchirions les limites de la mécanique générale en appréciant la valeur d'un pareil outil au point de vue de la métallurgie. Mais on comprend que cet appareil d'une puissance et d'une docilité remarquables peut recevoir de nombreuses applications.

M. Dupluvinage, de Paris, a cherché, comme M. Hessé, à résoudre le problème de la régularité du fonctionnement des presses hydrauliques. Il s'est attaché surtout à perfectionner l'ancienne soupape de sûreté, qu'il a remplacée par un piston métallique agissant plus directement sur l'aspiration des pompes.

La presse de M. Samain, de Blois, n'est pas hydraulique; mais d'heureuses combinaisons mécaniques permettent d'obtenir avec cet appareil des pressions considérables. Une cage reçoit, comme d'habitude, le plateau compresseur, dont la tige traverse le sommier ordinaire qui est relié par des tringles en fer à un second sommier placé à une certaine hauteur au-dessus du premier et fixe comme lui. Quatre bielles, articulées de manière à former un losange, relient le deuxième sommier et la tête de la tige du plateau compresseur. Ces deux points représentent ainsi les sommets supérieur et inférieur

Digitized by Google

du losange. Quant aux deux sommets placés sur la même horizontale, ils sont munis d'écrous dans lesquels s'engage une vis filetée en sens contraire à ses deux extrémités.

En faisant tourner la vis dans un sens convenable, on raccourcit la diagonale horizontale du losange et on allonge la diagonale verticale, d'où résulte un mouvement de descente du plateau compresseur. En supposant que les écrous se rapprochent avec une vitesse constante, le plateau compresseur descendra avec une vitesse décroissante, résultat d'autant plus avantageux que la résistance de la matière à comprimer augmente à mesure que son volume diminue.

Les appareils dits stéréhydrauliques, présentés par MM. Desgoffe et Ollivier, de Paris, se rapportent directement au présent chapitre. Nous remarquerons d'abord une presse à corde. C'est une presse hydraulique à volume d'eau constant. Seulement, le récipient d'eau renferme une poulie sur laquelle peut s'enrouler une corde qui est amenée de l'extérieur à travers un presse-étoupes. L'augmentation de volume déterminée par l'introduction d'un corps étranger représenté par la corde produit la pression hydraulique d'une manière régulière et continue.

Dans la machine à essayer la résistance des fils métalliques, présentée par les mêmes constructeurs, la tension est obtenue au moyen d'engrenages ; mais elle est mesurée par une pression hydraulique au moyen d'un piston agissant sur un manomètre par l'intermédiaire d'un liquide. Le même principe est appliqué pour mesurer les résistances des métaux à la flexion. MM. Desgoffe et Ollivier obtiennent également par la pression hydraulique des résultats remarquables dans les presses à estamper, qui sont aussi employées industriellement pour la fabrication des manches de couteau, celle des chapeaux en imitation de paille, etc., etc.

En résumé, les presses hydrauliques et autres qui figurent

Digitized by Google

à l'Exposition témoignent du zèle avec lequel cette branche de la mécanique a été étudiée par quelques constructeurs. On peut surtout constater des services très-réels rendus à l'industrie depuis quelques années.

Digitized by Google

SECTION III

MACHINES SERVANT A ÉLEVER LES FARDEAUX, GRUES MONTE-CHARGES, CRICS, COURROIES

PAR M. P. WORMS DE ROMILLY.

§ 1. — Grues.

La plupart des grues à vapeur exposées sont placées sur pivot tournant et montées sur chariot ; la chaudière forme contre-poids à la flèche ; souvent la flèche est mobile autour d'un tourillon placé à sa base, et la chaîne qui la soutient est alors enroulée sur un treuil spécial, de manière à ce qu'on puisse faire varier la hauteur de la grue pour passer sous les voûtes des magasins.

Nous n'examinerons qu'un petit nombre des appareils de ce genre envoyés à l'Exposition, la plupart d'entre eux ayant été rangés dans une autre classe.

La Compagnie belge pour la construction de machines et de matériels de chemins de fer, a exposé une grue fixe très-bien exécutée, à chaîne de Galle et pivot tournant, système Neustadt ; ce système est trop connu et trop apprécié pour qu'il soit utile de le décrire.

M. Chrétien a exposé une grue de son invention qui donne de très-bons résultats pour les manœuvres rapides et fréquemment répétées comme celles qu'exige, par exemple, le déchargement d'un bateau. Sur un chariot à quatre roues est fixé un cône en fonte qui sert d'axe et de support

à un second cône, auquel viennent s'attacher, d'un côté la chaudière, de l'autre la flèche qui est articulée à sa base. Cette flèche se compose d'un long cylindre en fonte, prolongé par une poutre en fer de forme quadrangulaire, au sommet de laquelle est fixée la poulie de renvoi. La chaîne, attachée à la flèche vers sa partie supérieure, passe sur une poulie mobile entre les deux fers à T de la poutre qui lui servent de guides, puis revient sur la poulie fixe, et se termine par le crochet auquel est suspendu le fardeau. Dans le cylindre se meut un piston dont la tige est fixée à la poulie mobile. La pression de la vapeur agit sur la surface supérieure du piston, le fait descendre avec la poulie, qu'il entraîne, et soulève le fardeau. La course du piston est nécessairement assez limitée, ainsi que sa section ; mais, en ajoutant une troisième poulie fixe, on peut augmenter la course de l'extrémité libre de la chaîne. L'adoption de chaudières à haute pression (10 et 12 kilogrammes par centimètre carré) permet, en même temps, de maintenir dans des limites convenables la section du cylindre, tout en donnant à la grue une grande puissance.

Des dispositions très-ingénieuses ont été prises par M. Chrétien pour régler automatiquement la distribution, lorsque le piston arrive à l'extrémité de sa course. La vapeur, pendant la descente du fardeau, agit sur les deux faces du piston, et elle ne s'échappe dans l'air qu'à la manœuvre suivante. On empêche ainsi, au moins partiellement, le refroidissement du cylindre. L'orientation de la grue se fait à la main, par des roues d'angle que le mécanicien peut manœuvrer avec la plus grande facilité.

Nous ne reviendrons pas ici sur les grues hydrauliques de M. Armstrong. Dans celle de M. Laudet, un piston mobile dans un cylindre vertical porte à l'extrémité inférieure de sa tige une roue dentée qui engrène avec une crémaillère pratiquée dans le bâtis. Sur le même arbre se trouve une seconde roue de rayon beaucoup plus grand, sur laquelle passe la

Digitized by Google

chaîne, dont une extrémité est fixée au bâtis, tandis que l'autre va soulever le fardeau après avoir passé sur deux poulies de renvoi. Le rapport des rayons des deux roues est égal à celui des espaces parcourus par le piston et par la masse soulevée

M. Laudet a également exposé le dessin de l'une des grues employées à Paris, sur les quais. Ces appareils, d'une grande puissance, mus par la vapeur, sont très-bien conçus et permettent d'exécuter sans peine toutes les manœuvres.

§ 2. — Monte-charges.

Le monte-charges exposé par M. Lebœuf offre une grande analogie de disposition avec le système qui avait été appliqué au chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain ; seulement, on refoule de l'eau comprimée sous le piston au lieu de faire le vide au-dessus de lui. En outre, comme le tube est placé verticalement, le tablier du monte-charges se trouve placé en porte-à-faux. L'eau est refoulée au-dessous du piston au moyen d'un injecteur Giffard, et nous avons constaté qu'on peut obtenir ainsi dans le tube une pression double de celle de la vapeur qui alimente l'injecteur. Ce monte-charges est ingénieusement combiné pour élever de petites charges ; le porte-à-faux du tablier est un inconvénient qui a pu être pallié par l'emploi de deux pistons, mais qui présenterait d'autant plus de gravité que la masse à soulever deviendrait plus considérable.

§ 3. — Treuils.

Le treuil de MM. Lanez et Decaux se manœuvre au moyen d'un levier disposé de manière à ce qu'on puisse faire varier à volonté le rapport des espaces parcourus par ses deux extrémités, et, par suite, proportionner la vitesse du treuil à la masse du fardeau et à la force dont on dispose. Le levier transmet un mouvement de va-et-vient à une crémaillère, qui engrène avec une roue dentée fixée au treuil. A chaque demi-

Digitized by Google

oscillation, suivant le sens du mouvement, il faut que la roue dentée devienne folle sur l'arbre ou soit entraînée avec lui. Ce résultat est obtenu au moyen d'un encliquetage très-bien combiné. Il se compose d'une roue à rochet disposée à l'intérieur de la roue dentée et calée sur l'arbre du treuil. Autour d'elle est disposée en cercle une série de taquets, munis chacun d'un ressort qui le presse contre la roue à rochet et le maintient toujours dans cette position malgré l'action de la pesanteur.

Le treuil de M. Bernier, qui peut fonctionner soit à la main, soit par l'action de la vapeur, présente des dispositions très-heureuses. La régularité du mouvement des chaînes est assurée par l'emploi de deux noix, ce qui empêche les chaînons de poser en porte-à-faux et de mâchurer les bords de l'empreinte sur laquelle ils doivent venir s'appliquer. Malgré le peu de largeur du treuil, on peut le faire embrayer avec deux systèmes différents de pignons ou le rendre complétement libre des manivelles. Cette manœuvre est très-commode pour faire descendre rapidement la chaîne.

Le guide-tendeur de sûreté employé par M. Bernier permet de faire marcher l'appareil très-rapidement, parce qu'il oblige la chaîne à se présenter toujours dans le sens convenable à l'entrée de la noix. Les deux bouts de la chaîne sont réunis de manière à former un circuit continu de longueur telle que la chaîne qui sort du treuil ne traîne pas jusqu'à terre. D'un côté le poids du fardeau, de l'autre le guide-tendeur formé d'une poulie chargée d'un boulet, maintiennent à peu près invariable la direction de la chaîne à l'entrée et à la sortie des noix. Lorsque le fardeau est soulevé par un système de moufles, on peut encore appliquer le guide-tendeur, en ajoutant un système mouflé semblable à la partie de la chaîne qui le supporte.

Le treuil de M. Bernier est muni d'un frein d'arrêt spécial ou parachute. Cet appareil se compose d'une sorte de taquet agisssant sur les maillons verticaux de la chaîne, qui font l'of-

Digitized by Google

fice des dents d'une roue à rochet. Le taquet présente en creux la forme du maillon qui doit venir buter contre lui. Si la chaîne est abandonnée à elle-même, par suite d'un accident quelconque, elle ne peut glisser que de la distance qui sépare le taquet du premier maillon vertical. En distribuant sur une certaine longueur plusieurs taquets moins distants l'un de l'autre que ne le sont deux maillons droits successifs, on peut réduire autant qu'on le veut ce glissement. Le treuil complet de M. Bernier est un appareil bien conçu, bien construit et capable d'empêcher, dans un trop grand nombre de cas, les accidents dus à l'imprudence des ouvriers, pour qu'il ne soit pas désirable d'en voir propager l'emploi sur les chantiers de construction.

Dans le treuil de M. Weston, le frein sert à transmettre le mouvement de l'arbre des manivelles à celui du treuil. Le frein se compose d'une série de disques alternatifs de bois et de fer enfilés sur l'arbre du treuil et entourés d'une gaîne cylindrique. Les disques en fer sont ajustés sur l'arbre à section carrée ; les disques de bois sont liés à la gaîne par des proéminences disposées sur leur circonférence, et qui pénètrent dans des rainures correspondantes de cette enveloppe. Un écrou, dont l'arbre forme la vis, permet de serrer les disques les uns contre les autres. Si l'on fait tourner la manivelle, dont une disposition particulière permet de faire varier le rayon, le pignon entraîne la gaîne, et celle-ci l'arbre du treuil. Si, au contraire, les disques sont desserrés, le treuil peut tourner sans entraîner la manivelle, qui reste immobile.

§ 4. — Poulies différentielles.

Les poulies de M. Weston, appelées poulies différentielles, nécessitent l'emploi de deux poulies, l'une inférieure, à laquelle est suspendu le fardeau, l'autre supérieure, qui présente deux gorges de diamètres différents, sur chacune desquelles passe un des brins de la chaîne qui supporte la pou-

Digitized by Google

lie inférieure. La différence des gorges étant très-petite, une très-petite force suffit pour mettre l'appareil en mouvement ou l'arrêter ; aussi peut-on laisser libres les deux bouts de la chaîne, et, quoique l'appareil ne soit muni d'aucun cliquet d'arrêt, il est toujours stable ; le frottement de la chaîne suffit pour équilibrer l'effort du fardeau.

La poulie différentielle de Eades diffère de la précédente par la suppression de la deuxième poulie et par l'existence de deux chaînes indépendantes, l'une pour la manœuvre, l'autre pour soutenir le fardeau. En réalité, il y a bien deux poulies; mais elles sont montées sur deux axes concentriques et reliées au moyen d'un engrenage à mouvement épicycloïdal.

La poulie différentielle de Eades jouit des mêmes propriétés que celle de Weston, en ce qui concerne l'équilibre de l'appareil dans toutes les positions et pour toutes les charges. Elle offre cet avantage que la puissance et la résistance agissent sur deux chaînes indépendantes, dont les dimensions peuvent être proportionnées à l'intensité des efforts qu'elles ont à subir.

§ 5. — Crics.

Les crics hydrauliques de M. Tangye sont remarquables par leur puissance, la solidité de leur construction et la simplicité de leur manœuvre. Dans les derniers modèles de ce constructeur, la pompe est logée dans l'intérieur du cric, et il n'y a de visible qu'une clef carrée qui reçoit la tête d'un levier pour la manœuvre de la pompe, et la tête du robinet qui ouvre et ferme la communication entre les deux compartiments intérieurs de l'appareil.

M. Winand remplace par une vis sans fin le pignon, qui est ordinairement monté sur la manivelle ; il intercale deux arbres de transmission avec roues et pignons entre cette vis et la crémaillère. En outre, l'arbre de la manivelle passe dans un excentrique qui permet de désembrayer la

Digitized by Google

vis pour exécuter des mouvements rapides. L'emploi de la vis sans fin rend impossible la descente spontanée de la crémaillère, quelle que soit la charge qui presse sur elle.

§ 6. — Courroies.

Un très-grand nombre de courroies exécutées avec une grande perfection ont été exposées.

Nous citerons les courroies dites homogènes de M. Scellos. Elles sont formées par la réunion, au moyen de lanières intérieures, d'une série de bandes de cuir placées de champ et disposées suivant la longueur de la courroie.

M. Fétu emploie également des bandes de cuir de champ ; mais il les place transversalement, et elles sont maintenues par des ressorts plats en acier, sur lesquels elles sont comme enfilées.

Digitized by Google

SECTION IV

MOTEURS HYDRAULIQUES

Par M. P. WORMS de ROMILLY.

CHAPITRE I.

TURBINES.

L'emploi des moteurs hydrauliques s'est beaucoup généralisé depuis quelques années en France et en Angleterre.

On sait que la première turbine a été construite en 1832 par M. Fourneyron. Malgré les recherches théoriques d'Euler et de Borda, on n'avait pu, avant cet ingénieur, réaliser pratiquement un moteur de ce système.

M. Fourneyron, dès ses premiers essais, a triomphé si complétement des difficultés que présentait l'application de la théorie, que, sans apporter aucun changement radical à son système de turbine, il a pu établir ce genre de moteur dans les conditions les plus diverses, en obtenant toujours un rendement très-élevé. C'est ainsi que la turbine souvent citée de Sainte-Blaise utilise une chute de 104 mètres de hauteur, et, avec un diamètre de $0^{m}30$, produit une force de 60 chevaux, tandis qu'une autre turbine construite près de Gisors, vers la même époque, était mise en mouvement par une chute qui descendait parfois à $0^{m}30$.

Nommé membre du Jury de la classe 53, M. Fourneyron a dû, au bout de peu de temps, renoncer à exercer ces fonc-

Digitized by Google

tions trop fatigantes pour sa santé, déjà altérée par la maladie à laquelle il a succombé un mois plus tard. Sans faire ici l'historique des nombreux travaux de cet éminent ingénieur, nous rappellerons qu'il a été un des premiers à établir en France le travail du fer par la méthode anglaise. Toujours occupé à améliorer la construction des moteurs hydrauliques et à en faciliter l'emploi, il a inventé, dans ces dernières années, le système des turbines bigéminées, qui permettent, dans un espace restreint, d'utiliser les chutes les plus abondantes. Ces appareils, dont l'usage ne s'est pas encore répandu, sont formés de quatre turbines fixées sur un même axe ; les deux extrêmes reçoivent l'eau par leurs faces extérieures ; les deux autres sont du système Jonval.

Dans la turbine exposée par M. Fourneyron, la roue motrice est placée à la partie inférieure d'un tube coudé que son arbre traverse dans un *stuffing-box*. La vanne est équilibrée par un contre-poids ; le pivot sur lequel repose la turbine est relevé au-dessus du niveau de l'eau dans le bief d'aval. Un levier mobile supporte le pivot et permet de régler sa hauteur de manière à compenser les effets de l'usure et à satisfaire aux exigences des autres parties du mécanisme.

La turbine de M. Fourneyron est, en outre, munie d'un nouvel appareil qu'il a appelé aspirateur. Il se compose de deux plateaux circulaires placés au-dessus et au-dessous des orifices de sortie de l'eau, de manière à isoler, jusqu'à une certaine distance, la nappe liquide qui s'échappe de la turbine. Les deux plateaux ne sont pas complétement plans ; ils forment deux cônes tronqués très-surbaissés, symétriques, par rapport au plan moyen de la roue, et divergents. Ils doivent produire un effet analogue à celui des ajutages de cette forme, c'est-à-dire une sorte de succion. Mais, du reste, il n'a pas été fait d'expériences relatives à l'influence de cet aspirateur sur le rendement et sur la marche de la turbine.

Les turbines de MM. Fontaine et Brault présentent la dis-

Digitized by Google

position à deux séries d'aubes concentriques et à fermeture par bandes de gutta-percha, adoptée par ces ingénieurs depuis plusieurs années, dans le but d'utiliser avec une même roue dans des conditions assez favorables les grandes et les basses eaux. Les cônes sur lesquels s'enroulent les bandes sont d'une manœuvre facile; leurs axes jouissent d'un jeu suffisant dans le sens vertical pour que les cônes reposent toujours sur la roue directrice. On obtient ainsi l'ouverture et la fermeture franche des aubes. Le système de vannage de M. Fontaine donne de bons résultats, mais il présente une certaine complication.

Dans la turbine de M. Protte, les orifices inférieurs des aubes de la roue directrice sont placés régulièrement autour de l'axe; mais les orifices supérieurs ne sont pas disposés de même sur les deux moitiés de la roue. Sur l'une d'elles, ils sont rapprochés de l'axe, et ils sont éloignés sur l'autre, de manière à être tous situés de part et d'autre d'une même circonférence correspondant au milieu des orifices inférieurs. Un plateau en fonte, mobile autour de l'axe, repose sur la roue directrice; il est formé de deux demi-couronnes solidaires et de dimensions telles que, placées dans une position convenable, elles recouvrent chacune une des séries d'aubes. Si on fait tourner le plateau, on découvre à la fois deux orifices diamétralement opposés et appartenant chacun à l'une des séries, et lorsqu'une partie des aubes de la roue directrice est fermée, l'entrée de l'eau a toujours lieu dans les conditions de symétrie qui détruisent les pressions latérales.

MM. Larger et Laurent ont exposé des turbines où le système de vannage est encore plus simple. Il consiste en des clapets, dont chacun ferme deux ou un plus grand nombre d'aubes de la roue directrice. Généralement, les tiges verticales, qui servent à manœuvrer les clapets, sont placées sur une circonférence d'un assez grand rayon. Une disposition inverse, dans laquelle tous les clapets se relèveraient autour de charnières placées du côté de l'axe de la turbine, dégagerait

Digitized by Google

davantage les aubes et offrirait moins d'obstacle à la circulation de l'eau.

M. Larger a, en outre, apporté à ses turbines, qui offrent la disposition générale du système Fontaine, plusieurs modifications assez heureuses pour éviter les fuites entre les deux roues et pour empêcher l'obstruction des aubes.

La compagnie *North Moor Foundry* (Grande-Bretagne) a exposé des turbines du système Schiele, déjà remarqué en 1862. L'eau arrive dans un canal circulaire à section décroissante qui entoure la turbine. Qu'on se représente une turbine disposée de telle sorte que l'eau entre latéralement par la couronne extérieure et sorte par le dessus de la roue, sans se rapprocher beaucoup de l'axe. Si on accole deux roues semblables et symétriques, on aura la turbine Schiele, dans laquelle l'eau entre par la circonférence extérieure et sort en dessus et en dessous de la roue; il est évident que les aubes seront symétriques par rapport au plan médian et présenteront sur ce plan un point de rebroussement. En donnant aux deux parties de l'aube des formes un peu différentes, on peut faire en sorte qu'il en résulte une poussée verticale de manière à équilibrer en partie le poids de la turbine.

Dans la turbine Thomson, exposée par MM. Williamson frères (Grande-Bretagne), l'eau entre par la circonférence extérieure, comme dans la turbine Schiele, mais elle sort par le centre de l'appareil. La roue est placée au milieu d'une chambre fermée, dans laquelle vient déboucher le tuyau d'amenée de l'eau; la directrice se réduit à quatre aubes mobiles autour d'axes fixés aux parois de la chambre. En faisant varier l'inclinaison de ces aubes, on change la section de l'intervalle qui les sépare et par lequel l'eau doit nécessairement passer pour arriver à la turbine; on peut ainsi régler très-facilement le débit de la roue. Les aubes de la turbine ne sont pas toutes semblables: les unes traversent toute la couronne, les autres s'arrêtent vers son milieu. Cette disposition a pour but de ne pas diminuer trop fortement la section des aubes à la sortie

Digitized by Google

de l'eau. La turbine Thomson, comme celle de Schiele, peut indifféremment être construite à axe vertical ou horizontal et être placée, soit au niveau du bief d'aval, soit au-dessus de lui, en un point quelconque de la chute.

Dans la turbine (système Jonval) de M. Rieter (Suisse), les aubes sont renflées de manière à ce que la section des orifices soit la même à toute distance de l'axe. Nous avons trouvé la même disposition chez M. Larger. M. Rieter a aussi exposé une autre turbine de construction plus simple. Dans cet appareil, l'eau entre par la circonférence extérieure; mais le tuyau d'amenée, au lieu de former une chambre autour de la turbine, se termine par une partie un peu évasée dont les bords viennent s'appliquer contre la couronne de la roue sur un arc de 80° à 90°. L'eau pénètre dans les aubes à mesure qu'elles passent devant ce conduit. Le rendement de cette roue est, d'après M. Rieter, de 70 pour 100. Elle convient surtout pour des chutes élevées, avec lesquelles on peut, sans perdre une trop grande partie de la force motrice, placer l'appareil au-dessus des plus hautes eaux; cette condition est de la plus grande importance, car il est évident que le rendement doit diminuer dans une proportion considérable lorsque la roue est noyée.

M. Canson a exposé des turbines en tôle, dans lesquelles le tuyau d'amenée se termine auprès de la couronne intérieure. Ces appareils sont d'une construction simple et peu coûteuse, et peuvent rendre des services dans les campagnes.

La turbine de M. Jenbach est à axe horizontal, à directrice fixe; elle est logée dans un tuyau doublement coudé; son axe sort par des boîtes à étoupes ménagées dans les coudes du tube.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

ROUES HYDRAULIQUES, BÉLIERS.

---

§ 1. — Roues hydrauliques.

Parmi les roues hydrauliques, nous citerons d'abord la roue-vanne de M. Sagebien, qui est déjà connue et appréciée depuis plusieurs années. On peut la définir : une roue de côté, à marche très-lente, dans laquelle l'eau agit presque exclusivement par son poids. Les aubes ont une très-grande hauteur : environ un tiers du rayon. Ces roues sont capables d'utiliser des chutes d'un débit énorme pouvant atteindre 1,500 litres par seconde et par mètre de largeur de la roue; elles donnent un rendement très-élevé, entièrement comparable à celui des meilleures turbines, et qui diminue d'une manière peu sensible par les crues d'aval. Ces résultats sont d'autant plus remarquables qu'ils ont été obtenus par le perfectionnement d'un genre de moteur étudié depuis longtemps et sur lequel le dernier mot de la science paraissait avoir été dit.

M. A. Delnest (Belgique) a exposé une roue de côté, dont les aubes sont composées de deux parties symétriques par rapport au plan médian de la roue, où elles viennent se réunir en faisant entre elles un angle obtus. Par cette disposition des aubes, M. Delnest s'est proposé de rendre plus facile leur dégagement, de permettre l'échappement de l'air par leurs extrémités latérales, et d'empêcher le relèvement de l'eau du bief d'aval. Du reste, nous manquons de renseignements sur les résultats pratiques donnés par ce moteur.

La machine hydraulique de Marly, dont un modèle est exposé dans un pavillon du parc, a été construite, d'après les ordres de l'Empereur, par M. Dufrayer, pour amener l'eau de

Digitized by Google

la Seine sur les plateaux de Versailles et à Saint-Cloud. Six roues de côté de 12 mètres de diamètre mettent en jeu vingt-quatre pompes horizontales, qui peuvent élever, en vingt-quatre heures, et d'un seul jet, 1,500 mètres cubes d'eau à une hauteur de 156 mètres, répartie sur un parcours de 2,280 mètres. La machine de Marly est bien construite, et tous les détails en ont été étudiés avec soin. Le rendement est de 58 pour 100 environ en eau élevée.

M. Colladon a exposé son système de roue flottante. Cet appareil, qui a déjà paru à l'Exposition de 1862, est d'une construction assez simple. La disposition adoptée par M. Colladon permet à la roue de suivre toutes les variations du niveau de l'eau, sans qu'elle cesse de transmettre au bâtis, qui est fixe, et de là à l'usine, la force motrice développée par l'action du courant. Le coursier suspendu à l'axe de la roue en suit tous les mouvements, de manière à se placer toujours exactement au-dessous d'elle.

En combinant ce système de roue flottante avec l'appareil de Wettmann, MM. Colladon et Cordier ont établi une roue élévatoire qui peut, sans clapets ni autres organes de ce genre, servir à élever l'eau à plusieurs mètres de hauteur. Des expériences faites en 1857 par M. Thury ont montré que le rendement en eau élevée était de 25 pour 100, en admettant que la partie utilisable de la puissance du cours d'eau soit représentée par la force vive de la masse liquide, qui vient frapper la surface immergée des aubes.

§ 2. — Béliers.

M. Bollée a exposé des béliers hydrauliques, dans lesquels la soupape a la forme d'un cylindre fermé par le bas et percé sur son pourtour de fenêtres rectangulaires. Lorsqu'elle est soulevée par l'action de l'eau, son bord supérieur entre dans une rainure pratiquée dans le bâtis fixe, mais sans pénétrer jusqu'au fond; cette disposition diminue beaucoup l'intensité

Digitized by Google

des chocs. Un levier chargé d'un contre-poids permet d'équilibrer partiellement la soupape, et, par conséquent, de faire varier la vitesse. M. Bollée a heureusement profité du choc produit par le coup de bélier pour alimenter le réservoir d'air, au moyen d'une sorte de pompe disposée de manière à ce que la prise d'air puisse se faire à une hauteur quelconque, et, par conséquent, au-dessus des plus hautes eaux. Les appareils de M. Bollée avaient déjà été exposés en 1862, et ils n'ont subi depuis cette époque aucune modification de quelque importance

CHAPITRE III.

MOTEURS A EAU COMPRIMÉE.

§ 1. — Accumulateurs.

Pour vaincre une résistance sensiblement constante, on peut employer avec avantage des appareils à vapeur; mais il n'en est plus de même lorsqu'on a à produire des efforts considérables à des intervalles de temps éloignés; le moteur doit alors être assez puissant pour surmonter ces efforts, et, quelles que soient les précautions prises, on ne peut annuler sa dépense dans les instants où il ne fonctionne pas. Dans des cas semblables, il y aurait évidemment grand avantage à employer un moteur capable de développer, par un fonctionnement continu et dans une période de temps suffisamment longue, un travail équivalent à la somme des travaux qui doivent être effectués dans le même temps par intermittence; à emmagasiner ce travail sous forme, par exemple, d'eau comprimée à haute pression dans un réservoir ou accumulateur, puis à dépenser ce travail au fur et à mesure des besoins. La force minimum que peut avoir le moteur est alors fixée par cette condition, que le maximum de travail à

Digitized by Google

effectuer dans une période quelconque ne soit jamais supérieur à la quantité du travail, qui peut être emmagasinée, augmentée de celle que le moteur peut produire pendant cette période. Par là sont déterminées à la fois la puissance du moteur et les dimensions de l'accumulateur; c'est ce principe qui a servi de point de départ à M. Armstrong pour établir ses appareils de manutention. Son système, déjà adopté en Angleterre dans un grand nombre d'établissements, n'a encore été appliqué en France qu'à la gare de Bercy, du chemin de fer de Paris à Lyon, à Marseille, dans les docks, et à Rouen. Aussi croyons-nous devoir entrer dans quelques détails sur ces appareils, qui représentent le progrès le plus remarquable qui ait été fait depuis longtemps dans une des branches importantes de l'industrie.

Deux machines à vapeur horizontales, conjugées, agissent directement sur deux pompes foulantes à simple effet et à piston plongeur. L'eau est refoulée dans un cylindre en fonte vertical fermé par un piston plongeur creux à l'intérieur. Sur la tête du piston vient s'attacher une armature puissante qui soutient un caisson en tôle, formant une sorte de gaîne autour du cylindre. Cette caisse, chargée de ferraille, exerce sur le piston, et, par conséquent, sur l'eau du cylindre une pression de 40 à 50 atmosphères. Il est de la plus grande importance que le piston ne soit pas soulevé au-dessus d'un certain point, car, s'il venait à se déverser, il pourrait, à cause de son énorme masse, causer les accidents les plus graves. Une chaîne reliée au piston est attachée à une valve spéciale établie sur le conduit de vapeur. A partir d'une certaine position du piston, la chaîne fait tourner la valve et intercepte graduellement le passage de la vapeur. Dans le cas où ce mécanisme ne fonctionnerait pas, une soupape en communication avec l'accumulateur est soulevée par le piston, lorsqu'il approche du point le plus élevé de sa course, et donne issue à l'eau injectée par les pompes.

La machine à vapeur fonctionne donc d'une manière auto-

Digitized by Google

matique et n'exige presque aucune surveillance de la part du mécanicien. Elle peut, d'ailleurs, être indifféremment placée près ou loin des ateliers où on utilise la force motrice ; des tuyaux souterrains amènent l'eau comprimée auprès des grues, cabestans, monte-charges, qu'elle fait mouvoir. Tous ces mécanismes sont placés sous le sol, et les leviers ou pédales qui servent à régler la marche des appareils font seuls saillie sur le plancher.

Pour des mouvements d'une amplitude limitée comme ceux des grues et des monte-charges, M. Armstrong se sert d'un piston mobile dans un cylindre de longueur suffisante. La tige du piston, sur lequel agit l'eau comprimée, est reliée directement à la chaîne qui supporte le fardeau. Il est facile, par l'emploi d'un système de moufles, de donner à cette chaîne la levée nécessaire. Nous nous contenterons, au sujet de ces appareils, de faire remarquer que les manœuvres s'accomplissent sans le moindre choc et avec une rapidité que l'on peut faire varier à tout instant dans les plus larges limites.

Le même système n'est plus applicable pour obtenir un mouvement de rotation continu comme celui du cabestan. M. Armstrong emploie alors une machine à colonne d'eau, composée de deux cylindres oscillants reliés à un même arbre, et dont le mouvement de rotation est transmis au cabestan par une série d'engrenages.

Cet appareil doit marcher très-rapidement, et, par conséquent, présenter une grande simplicité dans les organes de distribution. Cette simplicité semblait exclure les machines à colonne d'eau, dans lesquelles, à cause de l'incompressibilité du liquide, on est obligé de faire fonctionner le mécanisme de distribution au moyen d'un moteur spécial ; M. Armstrong, par une disposition des plus ingénieuses, est parvenu à rendre impossible la compression de l'eau dans les cylindres. Aussi a-t-il pu adopter un des systèmes de distribution par tiroir employés pour les machines à vapeur. L'artifice imaginé par M. Armstrong consiste à placer, sur le conduit qui mène l'eau

Digitized by Google

du tiroir au cylindre, une soupape en communication avec le tuyau d'amenée de l'eau comprimée; dès que la pression dans le cylindre dépasse celle qui existe dans l'accumulateur, la soupape s'ouvre et l'eau pénètre dans le tuyau d'amenée. Des soupapes semblables ont été appliquées aux autres appareils hydrauliques de M. Armstrong; elles ont alors pour but d'empêcher la production des coups de bélier.

M. Gouin a exposé les dessins d'un appareil basé sur le même principe et appliqué par lui à l'enlèvement des déblais dans le percement des tunnels. On sait que, dans ces travaux, on perce ordinairement un certain nombre de puits peu distants pour attaquer le tunnel par plusieurs points à la fois; le cube de déblai fourni par chaque puits est assez faible, et la nécessité d'avoir à chacun d'eux une machine à vapeur, un mécanicien, un chauffeur, pour un travail discontinu, augmente beaucoup les dépenses. M. Gouin n'établit qu'une seule machine à vapeur, qui fonctionne d'une manière continue, pour alimenter un réservoir d'eau comprimée à 40 atmosphères faisant fonction d'accumulateur. Sur chaque puits est placée une grue hydraulique à cylindre horizontal et à piston fixe. Le cylindre est mobile, et, au moyen d'une double crémaillère solidaire avec lui, il met en mouvement le treuil qui élève les bennes. Une série d'engrenages interposés rend le déplacement de la benne égal à vingt-six fois celui du cylindre. L'appareil est disposé de manière à ce que les efforts soient en quelque sorte intérieurs au système, de sorte qu'il ne nécessite l'exécution d'aucune fondation; en outre, il est formé par l'assemblage de parties de poids assez faibles pour que leur transport ne présente pas de difficultés, même dans un pays où les voies de communication sont mauvaises. Parmi les détails du mécanisme, nous citerons le tiroir de distribution et la soupape de sûreté de l'accumulateur, qui sont très-heureusement combinés. Nous avons vu qu'il est indispensable que l'eau ne puisse pas dépasser dans l'accumulateur un certain niveau ; il faut donc qu'une soupape donne

Digitized by Google

issue à l'eau injectée, dès que ce niveau maximum est atteint.

M. Gouin a trouvé que, si la sortie de l'eau se fait brusquement, la pression descend trop rapidement, et la chute du piston donne lieu à des coups de bélier très-violents. Cet inconvénient grave est évité par l'emploi d'une soupape tout à fait semblable à une pompe à piston plongeur. Le piston, qui est creux, porte sur toute sa hauteur une rainure de 1 millimètre 1/2 de largeur ; lorsqu'il est soulevé, toute la partie de cette rainure, qui est en dehors du cylindre, donne issue à l'eau, dont le débit se trouve ainsi réglé de manière à maintenir la pression constante.

L'appareil de MM. Gouin et C^ie est employé pour le percement de deux tunnels dans les Apennins. On a constaté que l'effet utile était à peu près de 50 pour 100 du travail des pompes.

§ 2. — Machines à colonne d'eau.

Les appareils dont nous venons de nous occuper ne conviennent guère, les uns que pour des usines importantes, les autres que pour des travaux d'une nature spéciale, comme l'élévation de l'eau dans les campagnes.

La création d'un moteur économique, d'une installation facile, partout où l'on dispose d'un écoulement d'eau, sous une pression modérée, serait d'une grande utilité pour la petite industrie, aujourd'hui que la plupart des grandes villes peuvent distribuer à domicile l'eau sous pression. Deux appareils de ce genre ont été exposés.

Le moteur de M. Perret se compose d'un cylindre fixe dans lequel est placé un second cylindre, appelé régulateur, animé d'un mouvement oscillatoire longitudinal de peu d'amplitude, et entièrement ouvert à ses deux extrémités. Un piston, mobile dans le régulateur, reçoit alternativement sur chaque face la pression de l'eau motrice ; une bielle transforme ce mouvement de va-et-vient en un mouvement circulaire continu d'un arbre muni de deux volants. Un excentrique calé sur l'arbre

Digitized by Google

conduit le régulateur, qui ouvre et ferme alternativement les lumières de forme annulaire pratiquées aux extrémités du cylindre. Le moteur de M. Perret a été appliqué au perforateur de M. de la Roche-Tolay. Son rendement est assez élevé dans le cas d'une vitesse faible du piston et d'une pression considérable de l'eau motrice ; mais sa construction doit présenter des difficultés, à cause du soin avec lequel le régulateur et le cylindre doivent être ajustés.

La machine à colonne d'eau de M. Coque se compose d'un cylindre horizontal de forme ordinaire, où l'eau est amenée alternativement sur chaque face du piston par l'action d'un tiroir. La sortie du liquide se fait par deux ouvertures, placées à la partie inférieure du cylindre, à ses extrémités, et munies de soupapes mises en jeu par un mécanisme spécial et très-simple. Supposons le piston arrivé à l'extrémité de sa course et prêt à revenir en sens inverse ; à ce moment, la soupape du compartiment plein d'eau (ces soupapes s'ouvrent de dehors en dedans) est soulevée, l'eau s'échappe. La soupape opposée est abandonnée à elle-même, mais le mouvement du piston fait le vide dans le compartiment avec lequel elle communique, et l'air, en la soulevant, pénètre dans le cylindre, jusqu'à ce que commence l'admission de l'eau, ce qui n'a lieu qu'après le parcours par le piston du dixième de sa course. L'introduction de cette quantité d'air a pour but d'empêcher les coups de bélier. Un petit moteur de ce système fonctionne à l'Exposition, et il résulte d'expériences faites au Conservatoire des arts et métiers qu'une machine de ce genre a rendu de 26 à 63 pour 100, suivant la pression de l'eau.

Nous citerons encore, parmi les moteurs hydrauliques, divers appareils de M. Samain, de Blois. La machine élévatoire exposée par ce constructeur est une balance d'eau automatique ingénieusement combinée, mais le Jury a surtout remarqué sa machine hydrostatique. Dans une cuve en fonte ou en ciment, dont le niveau supérieur est celui du bief d'amont, et dont la profondeur est double de la hauteur de la chute dont on dis-

Digitized by Google

pose, est placée, avec un jeu de quelques centimètres, une seconde cuve fixe en tôle, de profondeur moitié moindre et dont le bord supérieur est également au niveau du bief d'amont. Une troisième cuve mobile en tôle sépare les deux premières, et sa course est limitée à chacune de ses extrémités par le fond de l'une des cuves fixes, contre lequel le sien vient s'appliquer. Elle glisse entre les parois de ces cuves avec un très-faible jeu, mais sans les toucher.

Une disposition facile à imaginer, permet, par la manœuvre d'une double soupape, de faire communiquer les espaces compris entre la cuve mobile et chacune des cuves fixes, tantôt avec le bief d'amont, tantôt avec le bief d'aval. Lorsque le bief d'aval communique avec l'intérieur de la cuve mobile, et le bief d'amont avec l'extérieur, cette cuve s'élève. Si on renverse la distribution, le mouvement change de sens; à chaque oscillation, si on ne tient pas compte des espaces nuisibles qui peuvent être réduits à peu de chose, on ne perd que le volume d'eau qui a pour hauteur celle de la chute, et qui est logé dans l'intervalle qui sépare la cuve mobile de l'une des cuves fixes.

Digitized by Google

SECTION V

MACHINES A VAPEUR, CHAUDIÈRES, GÉNÉRATEURS, ETC.

Par M. P. LUUYT.

CHAPITRE I.

MACHINES.

§ 1. — Observations générales.

La machine à vapeur, le plus puissant auxiliaire de l'industrie moderne, présente un sujet d'étude aussi intéressant par son importance que par sa variété; elle se transforme, pour répondre à de nouveaux besoins, pendant que les premiers types employés se perfectionnent en recherchant l'économie du combustible; enfin les ateliers, plus nombreux et mieux organisés, livrent des machines mieux construites à des prix plus modérés de jour en jour. Après avoir appliqué les machines au puissant outillage des grands ateliers, on leur demande de fournir de faibles forces motrices; c'est dans cette direction que l'on remarque les plus grandes différences avec les expositions précédentes. De tous côtés, on construit de petites machines d'une installation facile, d'un prix modéré; l'industrie trouve ainsi, dans l'emploi de la vapeur, un concours dont l'efficacité augmente continuellement. Le trait saillant de la construction actuelle est la généralisation

Digitized by Google

des bons principes et le perfectionnement du travail chez le plus grand nombre des constructeurs, plutôt que l'amélioration des meilleurs types précédemment connus. Cependant, ce serait douter de la faculté de perfectionnement dont l'homme est doué que de ne pas attendre des améliorations nouvelles ; on entrevoit même dans quelle direction elles pourront être réalisées, en étudiant les lois de la transformation de la chaleur en travail mécanique, dont la connaissance a récemment ouvert un champ fécond aux recherches des savants et des constructeurs.

La disposition la plus générale des grandes machines est toujours le cylindre horizontal ; on rencontre de bons types de machines verticales à balancier, mais ils sont toujours d'un établissement plus difficile et plus dispendieux, et on y a rarement recours pour éviter l'usure inégale des cylindres horizontaux, inconvénient dont l'importance avait été autrefois exagérée. On voit aussi des machines inclinées de chaque côté d'un même arbre horizontal, qu'elles conduisent au moyen de deux manivelles à angle droit.

La tendance la plus remarquable est celle de l'emploi des machines à double cylindre du système de Woolf; on les rencontrait en grand nombre à l'Exposition de 1862; aujourd'hui, elles sont encore plus répandues. On ne saurait qu'applaudir à ce caractère; ce type est celui qui permet l'emploi le plus large de la détente, tout en resserrant la variation de l'effort sur le piston dans des limites beaucoup moins éloignées que dans les machines à un cylindre, au grand avantage de la régularité de la marche, de la légèreté des organes et de la conservation de la machine. C'est une des nombreuses voies que la théorie à ouvertes à la pratique; elle est suivie avec un grand succès, car elle a donné naissance aux machines qui dépensent le moins de combustible.

La distribution de la vapeur est obtenue par le moyen de tiroirs, les soupapes ne sont qu'une rare exception ; dans les machines de grande dimension, au lieu d'un tiroir unique, on

Digitized by Google

en trouve un à chaque extrémité du cylindre, ce qui rend la construction moins lourde, et diminue l'espace nuisible. Dès que le tiroir a des dimensions un peu considérables, la pression qu'il supporte est très-grande et la manœuvre devient plus difficile; on a cherché à équilibrer cette pression, et on y est arrivé par plusieurs procédés.

Depuis longtemps on a compris que les pertes de chaleur du cylindre étaient nuisibles, puisqu'elles avaient pour effet de diminuer la pression intérieure, et on a d'abord entouré cet organe de substances peu conductrices. On l'a enveloppé d'une chemise de vapeur renfermée dans un second cylindre extérieur; plusieurs constructeurs ont étendu cette enveloppe au fond et au couvercle du cylindre. Ce n'est que plus tard que la théorie et l'expérience ont démontré que, non-seulement il était utile que le cylindre ne se refroidît pas, mais qu'il était essentiel de le réchauffer, attendu que, sans perte de chaleur extérieure, le seul refroidissement dû à la détente produisait nécessairement la condensation d'une partie de la vapeur. Cette disposition est d'autant plus utile que la détente est plus largement employée, aussi la voit-on appliquée à toutes les machines qui visent à l'économie du combustible.

On a cherché, dans les machines horizontales, à simplifier le bâti et à éviter les difficultés de la pose des pièces, dans les positions relatives qu'elles doivent rigoureusement occuper; c'est ainsi que des glissières cylindriques alésées avec le cylindre ont été substituées aux glissières planes.

L'emploi de l'acier pour les tiges de pistons, les bielles, les glissières, etc., s'étend et arrivera sans doute à être général.

On rencontre quelques exemples de machines rotatives, mais toujours à l'état d'essais; aucune de ces machines n'a encore été admise dans la pratique, malgré les efforts tentés pour combattre les inconvénients qu'elles présentent.

Les machines non fixes sont en très-grand nombre. Elles comprennent trois classes bien distinctes : 1° Les machines demi-

Digitized by Google

fixes ou portatives, qui peuvent être transportées avec leurs chaudières et installées partout, sans nécessiter aucune construction spéciale à leur nouvel emplacement : elles jouent le rôle de machines fixes.

2° Les machines locomobiles, plus transportables encore que les précédentes, car elles sont montées sur roues et peuvent être traînées d'un lieu à un autre.

3° Les machines locomobiles qui peuvent être employées à la traction d'autres véhicules sur les routes ordinaires; la section de l'agriculture en présente qui réunissent les deux derniers types, c'est-à-dire qui peuvent être employées comme machines de traction; elles peuvent, à ce titre, se mouvoir elles-mêmes, et, une fois en place, elles agisssent comme locomobiles.

La première catégorie a pris un développement des plus importants, attendu que ces machines présentent des formes simples, compactes, qu'elles sont d'un entretien facile, et ne nécessitent aucun frais d'installation ; si bien qu'on les prend comme machines fixes ou à demeure pour les forces qui ne dépassent pas 10 à 12 chevaux, les préférant à celles qui demandent des constructions dispendieuses et encombrantes.

Détente. — La détente, par laquelle on fait un usage si économique de la vapeur, est d'un emploi universel. Le système le plus répandu est celui de M. Meyer; il est variable à la main, quelquefois par le régulateur. M. Meyer a perfectionné sa distribution, en augmentant la course des palettes de détente relativement à celle du tiroir principal, et, en donnant à celui-ci une plus grande avance linéaire et angulaire, il obtient une plus grande section ouverte des lumières dans les détentes fortes les plus usitées. De là résulte la possibilité de réduire la section de ces lumières et la course du tiroir, sans diminuer la section du passage de la vapeur à un point donné de la course du piston ; d'autre part, la course des palettes de détente étant augmentée ainsi que l'angle de calage de l'excentri-

que, on obtient une fermeture plus rapide des lumières d'admission. En résumé, ces modifications ont pour but de diminuer le temps pendant lequel la vapeur rencontre des passages insuffisants.

La détente avec tiroir à cames, comme celle de M. Farcot, se trouve dans plusieurs systèmes. La détente à coulisse de Stephenson est souvent employée sur les machines fixes à cylindres conjugués. M. Damey emploie une coulisse glissant à volonté sur le collier de l'excentrique; elle lui permet de produire une détente variable, et de renverser la marche, avec ce seul excentrique.

§ 2. — Machines exposées.

La plupart des machines mériteraient une monographie complète, qui ne peut entrer dans les limites fixées à ce rapport; nous nous bornons à indiquer quelques-unes des dispositions présentées.

Machines Farcot. — MM. Farcot père et fils exposent deux machines accouplées de 80 chevaux chacune. Les cylindres sont horizontaux et parallèles; ces machines, fonctionnant avec une admission d'un quinzième, sont construites d'une manière remarquable; tous les éléments qui concourent à l'emploi économique de la vapeur sont réunis, et l'ensemble des organes présente un caractère de solidité et d'harmonie des plus satisfaisants. Toutes les machines sortant de ces ateliers sont à détente variable par le régulateur à bras et à bielles croisées; les cylindres sont entourés d'une enveloppe de vapeur, ainsi que les fonds et couvercles, garnis de matières non conductrices et recouverts d'une boiserie. Les glaces des tiroirs sont en fonte de qualité spéciale et rapportée. Les pompes à air sont à double effet.

Parmi les machines de MM. Farcot, on peut citer celles établies sur le quai d'Austerlitz, pour le service hydraulique de la

Digitized by Google

ville de Paris. Ces deux machines, de la force de 100 chevaux, sont du système Woolf, à balancier, mettant chacune en mouvement deux pompes. Elles aspirent l'eau de la Seine et l'envoient aux réservoirs de Ménilmontant à un niveau de 50 ou 60 mètres supérieur, en parcourant une conduite de 5 ou 6 kilomètres. Le travail effectué, mesuré par l'eau élevée, a été obtenu au moyen d'une consommation de moins de 1 kilogramme par cheval et par heure ; avec des houilles de qualité inférieure, la consommation reste encore au dessous de 1 kil. 200 ; si l'on tient compte de la perte de travail de l'appareil élévatoire, il reste pour la machine seule un rendement qui, nous le croyons, n'a pas encore été égalé.

Machine Corliss.—Cette machine, qui appartient aux États-Unis, présente plusieurs points originaux : elle est horizontale et ne touche le massif de fondation que par les points d'appui du cylindre et du palier de l'arbre moteur ; une pièce de fonte massive, supportée par le cylindre et par le palier, porte les glissières. Mais la particularité remarquable de cette machine réside dans la distribution qui se fait au moyen de quatre tiroirs : deux à la partie supérieure pour l'admission, réduisant l'espace nuisible à son minimum, deux en bas pour l'échappement. Ces tiroirs sont cylindriques et se meuvent autour de leur axe, ouvrant les lumières d'un mouvement alternatif. Les tiroirs d'admission sont entraînés par une tige liée à l'excentrique, dont la course est constante ; mais un ressort les ramène vivement à leur point de départ, dès qu'ils ont rencontré un déclic, dont la position est rendue variable par le régulateur ; au retour de la tige de l'excentrique, le tiroir est accroché et entraîné de nouveau. Ce système permet de régler d'avance la détente que l'on veut avoir dans la marche normale, et cette détente augmente ou diminue par le régulateur. Cette machine, construite avec beaucoup de soin, présente un spécimen remarquable de l'industrie des États-Unis.

Machine de Hicks (***États-Unis***). — Cette machine a quatre

Digitized by Google

cylindres horizontaux à simple effet, égaux, accouplés et placés en face l'un de l'autre, de chaque côté de l'arbre moteur, sur lesquels ils agissent deux à deux, soit au moyen d'une glissière verticale entraînant le bouton de manivelle, soit au moyen de bielles pour les machines plus fortes. Les deux manivelles sont à angle droit, de sorte que, lorsqu'une paire de pistons est à une extrémité de sa course, l'autre est à moitié. Chacun des cylindres est à simple effet, et n'a de fond que du côté opposé à l'arbre moteur; deux pistons travaillent ainsi alternativement. Chaque piston sert de tiroir au piston voisin et réciproquement; à cet effet, la vapeur entre dans le premier piston par des lumières qui traversent le cylindre, elle y est reçue dans une chambre, d'où elle passe dans le piston contigu au moyen d'une autre lumière alternativement ouverte et fermée par le premier piston comme par un tiroir; la chambre du second piston est ouverte du côté du fond du cylindre; l'espace est occupé par la vapeur qui met le piston en mouvement. Une autre série de passages sert à l'échappement. Les deux chambres pratiquées dans chaque piston pour l'admission de la vapeur et pour son passage étant indépendantes, le même jeu se reproduit du second piston sur le premier ; de l'autre côté de l'arbre moteur, les deux autres pistons agissent de même, et ces quatre cylindres donnent le même résultat que deux cylindres à double effet agissant sur des manivelles à angle droit. Les pistons sont de forme cylindrique allongée, portant, suivant une génératrice, une fente qui reçoit un coin de serrage; c'est une partie très-délicate de la machine, et il serait intéressant de savoir si on arrive toujours à s'opposer aux pertes de vapeur que doit provoquer un usage prolongé ; la détente ne varie pas à volonté, elle est établie une fois pour toutes à la moitié de l'admission.

Les quatre cylindres et le bâti sont coulés d'une seule pièce et alésés deux à deux sur le même axe. L'action étant analogue à celle des machines à fourreau, la partie intermédiaire entre les cylindres se ferme par une plaque qui prévient le

Digitized by Google

refroidissement. Lorsque la machine fonctionne, on ne voit en mouvement que les extrémités de l'arbre sortant de la boîte centrale et portant, l'une la poulie de transmission au régulateur, l'autre le volant servant aussi de poulie de transmission de la force motrice. On peut changer le sens de la marche au moyen d'un simple tiroir qui renverse le sens des passages de vapeur. Ces machines sont à échappement libre, sans condensation. Celles qui sont exposées n'ont pas de pompe alimentaire.

Nous n'avons pas eu de données positives sur la consommation en combustible par unité dynamique, ce qui est de la dernière importance pour juger un système offrant des différences aussi tranchées avec les dispositions usitées.

Sous la réserve de ces observations, on constate que cette machine présente une disposition entièrement originale et d'une remarquable simplicité : pas de tiroir, d'excentrique ni de presse-étoupes; les pièces mobiles sont réduites à leur plus simple expression. Le volume et le poids de la machine sont très-réduits.

MM. Corbran fils et Le Marchand (France). Machine de 50 chevaux, système Woolf, à deux cylindres inclinés de part et d'autre d'un axe horizontal, avec tiroirs compensateurs bien étudiés. — *Compagnie des chantiers et ateliers de l'Océan.* Très-bonne machine horizontale, de 20 chevaux, à détente variable et condensation. Tiroirs équilibrés par coins. — M. Rouffet aîné. Machine à vapeur à condensation et détente variable, mue par le régulateur de M. Foucault, construction très-soignée. — MM. Boudier frères. Machine horizontale à deux cylindres, du système Woolf, à mouvement de piston alternatif. La distribution de vapeur en est très-bien entendue. — M. Boyer. Machine de Woolf à balancier, détente et condensation. — MM. Berendorf père et fils. Machine, système Woolf, d'une disposition spéciale : les deux cylindres sont inclinés de part et d'autre d'un plan vertical ; les têtes des deux bielles sont réunies, guidées par une glissière verticale, et elles

Digitized by Google

commandent, par une troisième bielle, le mouvement de l'arbre horizontal situé au-dessous. La machine est compacte et d'une installation facile; cependant l'éloignement des cylindres n'est pas favorable à la meilleure distribution de vapeur.

La Société de Fives-Lille. Machine horizontale à enveloppe de vapeur : un tiroir spécial pour la mise en train, afin de ne pas être obligé d'amener d'avance les tiroirs à démasquer les lumières d'admission; condensation à volonté. Tous les détails sont très-bien entendus.

MM. Cail et C[ie]. Machine horizontale de 16 chevaux, à détente variable et condensation à volonté; deux volants, consommant 1 kil. 200 par force de cheval et par heure.

Le Creusot construit une grande variété de machines motrices; le type le plus perfectionné consiste en deux machines horizontales conjuguées, à grande expansion variable avec le régulateur; enveloppes totales de vapeur, condensation, pompe à air horizontale à double effet. Allure régulière et économique.

MM. Laurens et Thomas. Leurs machines présentent l'application des moyens économiques qu'ils ont été des premiers à répandre.

MM. Hermann, Lachapelle et Ch. Glover ont contribué à populariser les machines transportables; dans leur type, la chaudière est isolée de la machine, qui est portée par un socle bâti, ce qui présente un grand avantage sur les systèmes où la chaudière doit servir de bâti et subir les réactions des efforts de la machine. La chaudière est à bouilleurs croisés et à foyer intérieur, la machine à détente variable à la main.

M. Normand. Machine système Woolf, à manivelles croisées; l'espace occupé par la vapeur entre les deux cylindres est parcouru par des tubes réchauffeurs en communication avec la chaudière. — M. Claparède. Machine horizontale pour laminoirs : construction simple et robuste.

M. Carels (Belgique). Machine verticale de Woolf, présentant une distribution très-bien entendue. — M. Vandenker-

Digitized by Google

chove (Belgique). Machine de Woolf, horizontale, à mouvement inverse des pistons; le mouvement des tiroirs est commandé par des cames, de manière que les déplacements soient très-rapides. L'ensemble est très-satisfaisant. — M. de Landsheer a fait une des premières applications de la machine de Woolf horizontale, à mouvement inverse des pistons ; sa machine est à quatre cylindres à manivelles croisées. — M. Sigl (Autriche). Machine verticale à balancier, de 60 chevaux, système Woolf; la construction en est soignée, quoique l'emploi de la fonte pour la bielle et la manivelle ne soit pas à imiter. — M. Schmid (Autriche). Machine de Woolf horizontale, excellente construction.

MM. Sulzer frères (Suisse). Machine horizontale de 25 chevaux ; détente variable et condensation ; bâti suspendu entre le fond du cylindre et le palier de l'arbre; glissière cylindrique ; la distribution se fait par soupapes équilibrées à cames, deux pour l'admission, deux pour l'exhaustion ; détente variable par le régulateur. Cette machine, remarquablement étudiée, a une marche très-économique.

Usine de Bergsund (Suède). Machine de Woolf horizontale ; le petit cylindre est renfermé dans le grand ; les pistons ont le même mouvement ; détente variable par le régulateur. Quoique l'usine de Motala (Suède) ne soit représentée que par une machine peu importante, son atelier de construction se maintient au rang éminent qui lui a été assigné dans les Expositions précédentes.

Machines rotatives. — Quelques machines à vapeur rotatives sont présentées, sans qu'aucune ait pu encore prendre place dans la pratique. On remarque celle de M. Thomson (Grande-Bretagne), formée de deux pistons rectangulaires pouvant tourner dans un cylindre autour d'un même axe horizontal ; ils sont reliés entre eux par des engrenages elliptiques, de telle sorte que, tout en marchant dans le même sens, ils s'écartent et se rapprochent successivement.

Digitized by Google

La vapeur introduite entre les deux disques par des orifices convenablement disposés, en produit l'écartement périodique; elle s'échappe au contraire pendant la période de rapprochement.

La machine brevetée de M. Behren (exposée par MM. Dart et C^ie, États-Unis), se compose de deux cylindres dont les axes sont parallèles, et qui se pénètrent en partie; deux pistons, mobiles autour des axes, sont liés entre eux par un engrenage extérieur; ils ont la forme d'une demi-couronne et ils présentent, dans leur mouvement, des espaces qui s'agrandissent alternativement sous la pression de la vapeur. L'arrivée de la vapeur est continue; pour la faire agir avec une détente, il faudrait interrompre l'admission au moyen d'un appareil mis en mouvement par l'arbre de la machine. Le système est simple et n'a d'autre défaut que de ne pas donner assez de garantie contre les fuites de vapeur.

La machine de M. Mollard (France), se compose d'un disque roulant par chacune de ses faces sur une double surface conique; une tige perpendiculaire à ce disque acquiert un mouvement de rotation autour de l'axe du cône et, au moyen d'une manivelle, met en mouvement l'arbre de la machine située sur le prolongement de cet axe; la disposition est ingénieuse; elle n'est encore qu'à l'état d'expérience.

Locomobiles. — Les machines locomobiles sont en très-grand nombre. La plupart des constructeurs français en ont exposé. La manufacture de Darmstadt occupe un rang distingué dans cette spécialité; parmi les constructeurs anglais, on remarque MM. Clayton et Shuttleworth, Carett Marshall et C^ie, les ateliers *Reading Iron Works*, etc., etc.

Locomotives routières. — La classe 53 comprenait plusieurs de ces machines, de MM. Albaret, Lotz, Larmanjat, etc.; la première paraît bien remplir les conditions d'un service de traction; celle de M. Larmanjat, de petite dimension, se manœuvre très-facilement.

Digitized by Google

L'emploi de ces machines, encore peu répandues, sera utile, surtout pour la traction de charges lourdes à une petite vitesse.

CHAPITRE II.

CHAUDIÈRES A VAPEUR.

La construction des chaudières à vapeur présente un progrès remarquable; un grand nombre d'ateliers les livrent dans des conditions irréprochables, ce qui est constaté par le petit nombre d'accidents, relativement à la multitude de ces appareils ; mais le fait saillant est l'apparition de nouveaux systèmes dignes de la plus sérieuse attention : des chaudières ne contenant qu'une faible quantité d'eau, ce qui rend les explosions peu dangereuses, et d'autres où la puissance de vaporisation directe est augmentée par d'ingénieuses combinaisons.

La construction des grandes chaudières a été facilitée par les progrès de la fabrication de la tôle ; celle-ci s'obtient en feuilles de très-grandes dimensions, ce qui diminue le nombre des rivures, au grand avantage de la solidité et de l'économie, car la différence du prix de ces grandes feuilles et de celles de dimensions ordinaires, qui était, il y a peu d'années, très-considérable, a beaucoup diminué ; un outillage plus puissant produit aussi des tôles mieux soudées ; enfin, on emploie en quantité notable des tôles d'acier fondu, principalement celles d'acier doux obtenu par le procédé Bessemer.

§ 1. — Systèmes divers de chaudières.

La visite de l'Exposition ne donne pas une idée complète de l'emploi des chaudières à vapeur ; les spécimens exposés sont généralement tubulaires, tandis que l'on emploie encore beaucoup de chaudières à formes simples, cylindri-

Digitized by Google

ques, avec bouilleurs ou foyer intérieur unique; on obtient une production de vapeur très-économique, lorsqu'on y joint un bouilleur réchauffeur destiné à ne laisser aux gaz chauds que la chaleur indispensable au tirage, et quand on a donné aux générateurs un développement suffisant pour qu'ils produisent toute la vapeur qui leur est demandée, en conservant aux foyers une allure modérée.

Les dispositions moins simples se présentent, quand l'espace manque, ou que l'on veut obtenir de la vapeur plus rapidement. On arrive alors aux chaudières tubulaires qui empruntent une grande variété de formes, soit installées avec des fourneaux en maçonnerie, soit contenant leur propre foyer, se rapprochant du type des chaudières locomobiles.

On cherche des formes et des dispositions qui rendent le nettoyage facile; un progrès considérable a été fait dans ce sens en rendant amovible toute la partie tubulaire. Celle-ci tient d'une seule pièce à deux plaques ou à une seule dont le joint avec le corps de la chaudière est fait avec des boulons au lieu de rivets; le démontage est ainsi rendu très-facile. On retrouve cette disposition dans les chaudières de MM. Chevalier, Farcot, Laurens et Thomas.

M. Field est l'auteur d'un système encore peu répandu, qui offre des avantages remarquables. La chaudière, généralement de forme cylindrique verticale, présente un large ciel au dessus du foyer; ce ciel reçoit une série de tubes verticaux dont l'extrémité inférieure est bouchée et l'extrémité supérieure ouverte et au niveau du ciel horizontal. Dans chacun de ces tubes, il en entre un autre de diamètre moindre, ouvert aux deux bouts, descendant à une petite distance du fond du tube extérieur et soutenu par des ailettes à la partie supérieure, qui est ouverte en entonnoir et dépasse le niveau de la plaque. La flamme se trouve immédiatement en contact avec la surface de chauffe tubulaire, sur laquelle elle agit comme surface directe, c'est-à-dire que, l'espace qu'elle occupe étant moins circonscrit que si elle passe à travers des tubes, elle

Digitized by Google

ne se refroidit pas au point de s'éteindre et de perdre une partie de son effet utile ; de plus, il s'établit un courant ascendant d'eau échauffée entre les deux tubes, et un courant descendant d'eau moins chaude, dans le tube intérieur ; dès que l'ébullition est commencée, ce courant est très-énergique, car l'eau mélangée de vapeur, en contact avec le tube extérieur, produit un appel puissant ; l'ouverture du tube intérieur, disposée en entonnoir et élevée au dessus de la plaque, facilite beaucoup cette circulation par laquelle l'eau est incessamment amenée au contact des surfaces les plus chauffées ; les matières solides abandonnées par l'eau sont toujours entraînées et ne forment pas d'incrustation dans les tubes ; enfin ces tubes peuvent obéir en liberté aux mouvements de la dilatation. Ce système peut s'appliquer à toutes les formes de chaudières ; on le voit employé avec un grand succès à la pompe à incendie à vapeur de MM. Merryweather et fils, où la pression de huit atmosphères est obtenue après onze minutes d'allumage.

On fait, en Angleterre et aux États-Unis ,des chaudières en fonte, composées de pièces d'une petite capacité, affectant diverses formes, d'un petit volume pour une assez grande surface ; ces pièces, toutes pareilles, sont réunies en nombre plus ou moins grand, à volonté, de manière à obtenir des chaudières d'un volume plus ou moins considérable ; elles sont d'un prix peu élevé, mais elles ont le grand défaut d'être en fonte. MM. Green et fils (Grande-Bretagne), qui exposent une de ces chaudières, y ajoutent un réchauffeur composé d'un faisceau de tubes verticaux ; un système spécial de grattoir est destiné à enlever la suie qui se dépose sur les tubes et diminue leur conductibilité.

M. Th. Holt (Autriche), a exposé des modèles et dessins de chaudières d'après un système qui lui est propre, qui multiplie la surface de chauffe par un moyen nouveau les gaz traversent toujours des cloisons calorifères, mais

Digitized by Google

celles-ci ont une section rectangulaire très-mince et très-allongée ; elles sont disposées parallèlement, séparant les passages alternatifs d'eau et de gaz. Ces derniers compartiments étant pressés extérieurement par la vapeur, sont garnis d'entretoises qui ne sont que de simples cales de fer en nombre suffisant pour soutenir les parois planes et minces. Cette disposition est certainement favorable au bon emploi du combustible, mais l'expérience ne s'est pas encore prononcée sur l'usage de ces chaudières et sur les inconvénients qu'elles peuvent présenter au point de vue de la solidité et de la facilité du nettoyage.

Chaudières à circulation. — On a donné ce nom à des chaudières où l'eau ne séjourne que peu de temps, parce qu'elles n'en contiennent que peu à la fois. Divers systèmes ont été essayés, parmi lesquels il faut citer celui de M. Belleville qui, après de laborieuses recherches tendant à obtenir de la vapeur instantanée, s'est rapproché des chaudières contenant un certain volume d'eau, tout en conservant des points originaux qui sont le surchauffeur de la vapeur et le régulateur d'alimentation ; ce dernier appareil ne permet l'introduction de l'eau qu'autant que la pression reste au-dessous d'une certaine limite. La chaudière est formée uniquement de tubes en fer d'un petit diamètre (0,07 à 0,08), qui rendent les explosions incomparablement moins dangereuses que celles des chaudières de vaste capacité. L'emploi industriel de ces chaudières prend chaque jour plus d'importance.

Il existe d'autres systèmes à circulation avec des combinaisons ingénieuses, mais il ne semble pas que l'expérience se soit encore suffisamment prononcée à leur égard.

MM. Farcot et fils ont réalisé un type de chaudière tubulaire à foyer amovible ; parfaitement entendu dans tous ses détails, elle n'est citée que pour mémoire, car les chaudières exposées sont en activité et ont été examinées par le Jury de la classe 52.

Digitized by Google

MM. Durenne et Lecherf ont construit des chaudières tubulaires mixtes, c'est-à-dire, des générateurs à deux bouilleurs avec des tubes dans le corps principal ; de cette manière les tubes et les plaques tubulaires ne sont pas exposés à l'action immédiate du feu. Les bouilleurs de M. Durenne sont en tôle d'acier fondu. Les tubulures de M. Lecherf sont rivées aux bouilleurs et boulonnées au corps principal, ce qui permet un démontage facile ; la bride de la tubulure est intérieure, afin de préserver les boulons de l'action du feu.

Le foyer amovible de M. Chevalier et celui de MM. Laurens et Thomas n'ont qu'un seul joint ; au fond du foyer, se trouve la naissance des tubes qui ramènent les gaz à l'avant de la chaudière, et sont fixés sur la même plaque tubulaire que le foyer ; le démontage et le nettoyage des tubes sont ainsi rendus plus faciles.

La disposition des chaudières varie à l'infini, avec l'emploi des éléments déjà énumérés. Plusieurs chaudières verticales pour machines portatives ont un foyer intérieur vertical traversé par des bouilleurs horizontaux plus ou moins nombreux ; le corps extérieur est muni de regards au moyen desquels on peut facilement nettoyer ces bouilleurs. On remarque le système de montage de tubes de M. Berendorf ; les tubes portent à chaque extrémité un petit renflement extérieur tourné, conique ; au moyen d'une tige et d'écrous, on met en place chaque tube qui se trouve ainsi maintenu dans les plaques tubulaires par la conicité de ses renflements ; on évite l'emploi de viroles intérieures et la diminution qui en résulte pour le diamètre des tubes.

MM. Eug. Imbert et Cie exposent une chaudière sans rivure entièrement soudée par des procédés qui leur sont spéciaux ; cette chaudière a été éprouvée à 10 atmosphères. Un certain nombre de foyers intérieurs soudés ont donné jusqu'à présent de très-bons services, et l'on conçoit que l'on ait un grand avantage à éviter les rivets et les doublements de tôle qui provoquent les coups de feu ; dans les foyers intérieurs, un défaut

Digitized by Google

de soudure est presque sans inconvénient, la pièce ayant à résister à un effort de compression.

Cette soudure des grandes pièces de tôle a été appliquée aux appareils pour la fabrication de la glace par l'ammoniaque, qui contiennent ce gaz à une pression de dix atmosphères, et qui n'avaient pu être mis à l'abri des fuites dans les récipients rivés.

Les eaux impures donnent lieu à des inconvénients qui sont combattus par différents procédés ; sans considérer l'eau de mer, qui exige des précautions spéciales, on a le plus souvent des eaux calcaires donnant lieu à des dépôts incrustants. On a proposé l'emploi d'un grand nombre de substances destinées à prévenir les incrustations, mais elles sont très-peu employées. En général, les parties de la chaudière voisines de l'arrivée de l'eau d'alimentation sont les plus chargées de dépôts, lorsque la circulation n'est pas trop rapide ; il suit de là que, lorsque ces parties sont d'un nettoyage facile, comme les bouilleurs alimentaires, l'entretien de la chaudière est en très-bonnes conditions.

MM. Gargan et C[ie] appliquent un système inventé par M. Schmitz, consistant en une garniture intérieure parallèle à la paroi dont elle est peu distante, s'étendant au-dessous du niveau de l'eau dans la partie chauffée ; il s'établit une circulation très-rapide, descendante du côté où le passage est le plus large et la garniture moins élevée, et montante de l'autre côté. Les matières solides abandonnées par l'évaporation ne restent jamais au fond de la chaudière ; elles sont entraînées et, arrivant dans la partie centrale, se déposent au fond de la garniture qui n'est pas en contact direct avec la source de chaleur ; elles restent à l'état pulvérulent, très-facile à enlever.

Un appareil de Wagner est employé dans le même but, M. Durenne qui le construit, lui a donné le nom de hydratmo-purificateur ; c'est un récipient en fonte contenant de nombreux plateaux superposés sur lesquels circule l'eau d'alimentation qui est déversée à la partie supérieure, et qui est tra-

Digitized by Google

versé par la vapeur d'échappement ; les matières en dissolution se déposent sur les plateaux. Des appareils analogues sont exposés par M. Tòth (Autriche).

§ 2. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.

Ces appareils consistent en soupapes de sûreté, indicateurs du niveau de l'eau, sifflets d'alarme, etc., ils ne présentent pas de dispositions caractéristiques nouvelles depuis les dernières Expositions. On remarque une soupape de sûreté de M. Swann (Grande-Bretagne, classe 52) ; elle a la disposition ordinaire, seulement le point fixe du levier est fixé sur une tige pouvant prendre un mouvement vertical et retenu par un ressort à boudin qui fléchit à la limite de la pression de marche ; si le grand bras de levier a été chargé et que cette pression soit dépassée, le bras s'appuie sur un arrêt placé tout près de la soupape, l'ancien point fixe du levier s'élève et la soupape donne issue à la vapeur malgré la surcharge. La chaîne du flotteur est attachée à l'extrémité du grand bras de levier ; si le niveau de l'eau baisse, une traction est exercée et, comme la surcharge, fait jouer la soupape de sûreté. La soupape est entourée d'une boîte fermée afin d'empêcher toute altération de l'appareil, qui est ingénieux, mais qui demande un soin particulier pour être réglé.

M. Walker (Grande-Bretagne) a un flotteur qui donne issue à la vapeur du côté du sifflet d'alarme, quand le niveau descend trop bas, et qui, de plus, ouvre un robinet conduisant un jet d'eau sur le foyer ; c'est un effet analogue à celui du bouchon fusible, mais ce dernier ne s'adapte pas à toutes les formes de chaudières.

On a cherché aussi à régler l'intensité du foyer au moyen de la pression ; quand celle-ci augmente, elle ferme un registre de tirage au moyen d'un mécanisme spécial ; cet appareil ne paraît pas répondre à un besoin urgent.

Digitized by Google

§ 3. — Alimentation des chaudières.

L'alimentation des chaudières a continué d'être l'objet d'un grand nombre de recherches. Des perfectionnements notables ont été apportés aux appareils connus, et de nouvelles tentatives ont été faites pour obtenir une alimentation automatique.

L'injecteur Giffard est devenu d'un usage universel. La garniture du cylindre mobile, bien que combinée avec des soins tout particuliers, laisse parfois se produire des fuites de vapeur qui empêchent l'appareil d'aspirer l'eau d'alimentation. M. Turck (France) a imaginé de rendre fixe le cylindre qui porte la tuyère et de faire varier l'introduction de l'eau par une pièce accessoire mobile au moyen d'une crémaillère et enveloppant l'extrémité du cylindre et sa tuyère. Le cylindre faisant corps avec le manchon-enveloppe, il n'y a plus d'issue possible pour la vapeur que par la tuyère, et l'aspiration n'est jamais gênée; de plus, la pièce mobile n'étant en contact immédiat avec le cylindre et la tuyère qu'à ses deux extrémités, laisse un vide qui empêche la vapeur de se refroidir avant de franchir la tuyère. C'est un perfectionnement important qui assure le fonctionnement régulier de l'appareil.

MM. Sharp et Steward exposent un injecteur dont la tuyère est fixe, comme chez M. Turck, mais la cheminée ne fait qu'une pièce avec le tube divergent, tout en conservant le regard entre ces deux organes; cette pièce est tournée, cylindrique à ses deux extrémités; elle peut glisser longitudinalement dans le manchon; lorsque la pression de la vapeur affluente l'éloigne, elle se trouve donner à l'eau le passage le plus large; si l'eau est aspirée trop abondamment, elle ne pénètre pas en entier dans la chaudière, elle est refoulée dans l'espace libre entre l'extérieur de la pièce mobile et le manchon, et elle repousse cette pièce du côté de son plus grand diamètre, c'est-à-dire qu'elle rétrécit son propre passage. L'injecteur se règle ainsi lui-même; il ne présente plus qu'une

Digitized by Google

pièce à gouverner à la main : c'est l'aiguille qui détermine la sortie de la vapeur. Cet instrument est déjà très-répandu en Angleterre. C'est un perfectionnement original appliqué à un instrument qui était déjà perfectionné par lui-même ; il en rend l'usage encore plus pratique. Il serait à désirer que les intérêts engagés dans la construction de ces appareils se missent d'accord pour en faire profiter tout le monde.

Les applications mécaniques de l'injecteur sont nombreuses ; il peut s'employer à élever l'eau et, si cette eau doit être chauffée, la chaleur acquise n'est pas perdue. La compagnie américaine Steam-Syphon en a fait l'application à l'alimentation des locomotives ; une grue hydraulique est placée près d'un puits ; la machine emploie sa propre vapeur pour remplir son tender. On fait aussi de l'injecteur une pompe de cale qui peut rendre de grands services en mer. M. Flaud l'emploie pour refouler l'eau dans un monte-charge hydraulique.

La cause la plus fréquente des explosions est le défaut d'alimentation ; divers indicatenrs font connaître le niveau de l'eau, d'autres appareils viennent même avertir le chauffeur qui néglige de le maintenir à la hauteur convenable ; on a voulu que cette négligence ne fût pas une cause de danger, et un grand nombre d'appareils ont été imaginés pour entretenir automatiquement le niveau de l'eau. Plusieurs ont pour but de rendre automatique le jeu de la bouteille alimentaire, comme ceux de MM. Brière, Riedels ; ils tendent à s'affranchir des causes de dérangement de la pompe.

MM. Valant frères et Ternois, tout en conservant l'introduction de l'eau par la pompe foulante ordinaire, en règlent l'entrée dans la chaudière par une soupape que commande le flotteur, de telle sorte que le niveau soit maintenu constant dans des limites fort étroites. MM. Achard et C^ie^ emploient, dans le même but, un clapet placé entre le réservoir à eau et la pompe alimentaire, et qui, soulevé à chaque coup de piston, vient buter contre les pôles d'une bobine soumise à l'action d'un courant électrique ; ce courant, commandé par le

Digitized by Google

flotteur, est en activité quand le niveau d'eau est à la hauteur normale ; le clapet est alors retenu par les pôles de la bobine et l'eau d'alimentation est refoulée dans le réservoir; si le niveau de l'eau baisse, le courant est interrompu, le clapet de retenue fonctionne et l'eau est envoyée à la chaudière.

Tous ces appareils sont recommandables pour obtenir une alimentation régulière, mais ils ne doivent pas dispenser de l'emploi des signaux d'alarme, car ils peuvent aussi se déranger, et on serait d'autant plus exposé à un accident qu'on aurait trop compté sur leur bon fonctionnement.

Les moyens de réchauffer l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement sont toujours très-recherchés. M. Pimont (France) emploie des condenseurs de surface en forme de groupes tubulaires; il y liquéfie entièrement la vapeur s'échappant à l'air libre d'une machine à haute pression, ou bien, il place son appareil entre la machine et le condenseur ordinaire à injection, s'approvisionnant ainsi d'eau à 100 degrés, et ajoutant à la puissanee du condenseur ordinaire.

M. Pimont a composé un enduit auquel il a donné le nom de calorifuge plastique, pour remplacer les garnitures de matières peu conductrices destinées à combattre la déperdition de chaleur des chaudières et des conduites de vapeur. Cet enduit, dont l'invention est antérieure à 1855, a reçu de nombreuses applications sur les appareils à vapeur de la marine et de l'industrie.

CHAPITRE III.

MANOMÈTRES.

La mesure des pressions par l'élasticité des corps solides, que les premiers manomètres métalliques avait rendue si populaire, est maintenant d'un usage général. Un grand nombre de systèmes sont en présence, donnant tous de bonnes indica-

Digitized by Google

tions quand les instruments sont construits de manière à ne pas dépasser la limite d'élasticité des matériaux employés, tels que les arcs en tubes aplatis de MM. Bourdon et Cie.

MM Dubois et Casse (France, classe 12), prennent un tube cylindrique à surface plissée transversalement; l'accroissement de pression sur le fond de ce cylindre produit une augmentation de longueur qui est multipliée et indiquée sur un cadran.

Les membranes métalliques ondulées de M. Desbordes (France), sont employées aussi par M. Schaeffer et Budenberg (Prusse).

M. Ducomet (France) se sert d'un simple ressort d'acier replié en forme de cœur; la partie centrale est fixée à l'instrument; la pression s'exerce au milieu de la partie convexe au moyen d'une capsule en cuivre argenté ajustée à l'extrémité du tuyau de vapeur. C'est encore une membrane dont l'élasticité est rendue très-grande par sa liaison avec le ressort d'acier.

M. Bourdon construit des manomètres pour les grandes pressions, avec des types formés de plusieurs parties concentriques s'emboîtant exactement les unes dans les autres et agissant comme des ressorts à lames superposées. On peut, de cette manière, exercer un effort considérable sans altérer la sensibilité de l'instrument. Ces appareils indiquent jusqu'à 300 atmosphères; on les gradue par comparaison avec une presse hydraulique dans laquelle on mesure les pressions par une soupape convenablement chargée. Cette soupape est un cylindre plein, mobile dans une garniture en cuir embouti; en lui imprimant un mouvement de rotation sur son axe, la résistance au mouvement vertical, due au frottement, devient très-petite et ne cause pas d'erreur sensible.

Par une simple appropriation des proportions, on obtient des instruments propres à mesurer d'une manière précise les pressions des machines soufflantes qui diffèrent peu de la

Digitized by Google

pression atmosphérique, et aussi celles qui lui sont inférieures, comme dans les condenseurs.

Plusieurs constructeurs ont présenté des manomètres à maximum qui permettent de reconnaître si la pression a franchi les limites qui lui sont assignées; d'autres indiquent combien de fois cette pression-limite a été dépassée. Les manomètres à cadran basés sur l'élasticité des solides sont les seuls usités aujourd'hui; ils se multiplient avec les chaudières à vapeur, et leur construction est l'objet d'industries importantes.

CHAPITRE IV.

MACHINES SOUFFLANTES. — VENTILATEURS.

Les machines soufflantes mues par la vapeur employées dans les usines métallurgiques, affectent trois dispositions principales : la machine à vapeur et le cylindre soufflant sont disposés verticalement, et le mouvement est communiqué de l'une à l'autre par un balancier; les deux cylindres sont horizontaux et les pistons placés à chaque extrémité de la même tige; enfin, ce dernier système peut, aussi, être placé verticalement. Telle est la machine exposée par les usines de Seraing (Belgique). Cette disposition permet d'établir la machine sur une fondation très-restreinte comparée à celle des machines horizontales, la course des pistons peut être augmentée sans allonger la fondation, et tous les inconvénients d'usure inégale des cylindres et de dérangement de pose sont évités. La machine motrice est du système de Woolf. — Les ateliers de Seraing ont déjà construit un grand nombre de ces machines pour des hauts fourneaux.

Les machines soufflantes construites au Creusot et dont les dessins sont exposés, affectent la même disposition.

MM. Roots (États-Unis) exposent une machine soufflante

Digitized by Google

rotative; deux arbres parallèles animés de mouvements de rotation égaux et de sens contraires, entraînent deux cloisons semblables, dont les sections transversales ressemblent à un 8, et sont combinées de telle sorte qu'elles soient toujours en contact. Ces cloisons tournent dans une caisse ajustée, ouverte à la partie inférieure à l'admission de l'air, et portant le tuyau de vent à la partie supérieure; à chaque révolution, il entre, par l'action de chacune des cloisons, un volume d'air égal au volume qu'elles engendrent, diminué de leur volume propre; cet air est envoyé dans le conduit de distribution; les contacts des cloisons entre elles et avec la boîte ont lieu sans pression, c'est-à-dire qu'il n'y a pas contact absolu, mais ajustage aussi exact que possible. Ces machines sont employées principalement pour les cubilots; de nombreux certificats constatent la préférence qui leur est accordée sur les ventilateurs; on comprend, en effet, que, pour une pression peu différente de la pression atmosphérique, les pertes soient peu importantes, tandis que les frottements sont réduits à ceux des tourillons et des engrenages qui relient les deux arbres.

Les ventilateurs à force centrifuge sont exposés en grand nombre; on retrouve ceux de MM. Lloyd (Grande-Bretagne) et Schiele (Prusse), dont les ailettes sont garnies de cloisons latérales qui font corps avec elles; on sait que cette disposition diminue beaucoup le bruit causé par ces appareils, ce qui atténue considérablement l'inconvénient de leur emploi dans le voisinage des lieux habités.

Digitized by Google

SECTION VI

MACHINES A GAZ, A AIR CHAUD, A AMMONIAQUE, MOTEURS ÉLECTRIQUES, MOULINS A VENT, ETC

PAR M. LE BLEU.

CHAPITRE I.

MACHINES A GAZ, A AIR, ETC.

§ 1. — Machines à Gaz.

Trois machines à gaz figurent à l'Exposition et sont remarquables à des titres divers :

Le moteur Lenoir, qu'une immense publicité a fait connaître il y a quelques années, et qui, d'ailleurs, était exposé en 1862. On sait que le principe de cette machine consiste dans la combustion d'un mélange de gaz hydrogène carboné et d'air qui est introduit dans un cylindre par l'aspiration même du piston pendant la première moitié de sa course, tandis que, pendant la seconde moitié, ce mélange est enflammé au moyen d'une étincelle électrique; il se dilate alors et produit la force motrice. La consommation est de 2,500 à 3,000 litres de gaz par force de cheval et par heure. Nous n'avons nullement l'intention de revenir sur les avantages et les inconvénients de cette machine qui a été étudiée depuis plusieurs années et qui est jugée aujourd'hui comme pouvant rendre des services malgré

Digitized by Google

la consommation considérable de gaz et d'eau de refroidissement, et malgré les soins incessants dont elle doit être l'objet.

M. Hugon étudiait depuis longtemps les machines à gaz, et avait déjà proposé plusieurs systèmes, quand parut le moteur Lenoir. Il continua à faire de nombreuses expériences dans ses ateliers, et la machine qu'il a présentée est le fruit de longues études. Le principe de ce moteur consiste dans la combustion d'un mélange de gaz et d'air atmosphérique dans lequel se trouve injectée une petite quantité d'eau qui est instantanément transformée en vapeur; l'inflammation du mélange combustible se fait au moyen d'un bec de gaz constamment allumé au point où l'introduction a lieu sous le cylindre.

Un avantage incontestable de ces dispositions est de régulariser la marche de la machine, dans laquelle le mélange d'air et de vapeur d'eau agit à une température beaucoup plus basse que le mélange gazeux seul; aussi la quantité d'eau de refroidissement est-elle peu considérable et la production des cambouis dans le cylindre presque nulle. D'un autre côté l'inflammation par un bec de gaz est beaucoup plus sûre que par l'électricité. La machine de M. Hugon semble consommer à peu de chose près la même quantité de gaz que le moteur Lenoir. Elle fonctionne d'ailleurs régulièrement, ainsi qu'on a pu s'en convaincre à la Manutention où elle a marché pendant toute la durée de l'Exposition.

A côté des deux machines françaises que nous venons de mentionner, on a remarqué avec un vif intérêt, dans la grande galerie des arts usuels, une machine prussienne présentée par MM. Otto et Langen, de Cologne, et établie d'après un principe tout différent. Celle-ci est à simple effet; un cylindre vertical entièrement ouvert à sa partie supérieure est muni d'un piston au-dessous duquel arrive un mélange d'une grande quantité d'air avec une faible proportion de gaz. L'inflammation a lieu au moyen d'un bec de gaz; l'air échauffé par la combustion de l'hydrogène carboné se dilate et soulève le piston qui, dans sa course ascendante, est en quelque sorte

isolé du moteur et n'a aucune action sur lui. L'air dilaté ne tarde pas à se refroidir et à se contracter; le piston redescend alors sous la double action de cette contraction et de son propre poids, et c'est dans cette course descendante qu'il communique le mouvement au moteur. La description complète de la machine, qui comporte un grand nombre d'organes très-délicats et très-ingénieux, nécessiterait un dessin; mais les quelques lignes précédentes suffisent pour en faire comprendre le mécanisme. De nombreuses expériences ont été faites sur le moteur de MM. Otto et Langen. Les courbes relevées, au moyen de l'indicateur, sont généralement régulières et dessinent la marche de l'appareil telle que nous venons de l'expliquer. La consommation d'eau de refroidissement est insignifiante, et la consommation de gaz, par force de cheval et par heure, est d'environ 1,200 litres. Ces résultats sont très-remarquables, surtout pour une machine de la force d'un demi-cheval, comme le modèle figurant à l'Exposition, lequel a été grossièrement construit et sera sans aucun doute perfectionné. Nous pouvons donc constater un progrès très-réel dû à MM. Otto et Langen, qui ont ainsi ouvert une nouvelle voie pour la construction des machines motrices à gaz.

§ 2. — Machines à air chaud.

Les machines à air chaud ne sont guère représentées que par deux systèmes qui déjà figuraient à l'Exposition de 1862. M. Robinson, de New-York, a présenté une machine d'Ericsson trop connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire. M. Laubereau, de Paris, a exposé une machine de son invention, à laquelle il a apporté quelques modifications depuis cinq ans. C'est toujours une masse d'air constante qui se dilate et se contracte par son contact avec des surfaces de chauffe et de refroidissement relativement assez considérables. L'augmentation et la diminution de volume correspondent à la course d'un piston dans un cylindre. Cet appareil ingénieux n'est pas

Digitized by Google

encore répandu dans l'industrie. Nous ne croyons donc pas devoir insister plus longuement sur les machines à air chaud proprement dites.

§ 3. — Machine à ammoniaque.

M. Frot, ingénieur de la marine, ayant pensé qu'une machine employant une vapeur produite à une température plus basse que la vapeur d'eau, donnerait des résultats plus économiques, a cherché quel liquide il pourrait employer pour arriver à ce résultat. La dissolution du gaz ammoniac dans l'eau lui a paru remplir cette condition et toutes les autres que comporte le problème. Sa machine comprend, comme la machine à vapeur ordinaire, une chaudière dans laquelle se trouve l'ammoniaque liquide, un cylindre dans laquelle la vapeur ammoniacale agit sur le piston, un condenseur pour ramener cette vapeur à l'état liquide, dissoudre de nouveau le gaz et permettre son retour dans la chaudière. On comprend que ce condenseur et les différentes pièces accessoires forment la partie essentielle de la machine et constituent sa différence avec la machine à vapeur. Aussi devons-nous entrer à ce sujet dans quelques détails.

Le fonctionnement du nouveau moteur repose sur un écoulement hors de la chaudière de deux courants, l'un gazeux passant par le cylindre, le second liquide venant rejoindre le courant gazeux à sa sortie du cylindre moteur pour l'absorber et lui permettre de rentrer dans la chaudière sous forme liquide. C'est un double circuit fermé dont la chaudière où se produit la chaleur, et l'appareil où se reproduit la dissolution, appelé dissoluteur, forment les deux maillons communs.

La machine de M. Frot est une simple locomobile à vapeur de 15 chevaux, à laquelle on a ajouté un dissoluteur, dans lequel la vapeur ammoniacale, déjà en partie liquéfiée, se rend en sortant du condenseur. Ce dissoluteur est une boîte métallique traversée par des tubes dans lesquels passe de l'eau de refroidissement qui provient d'un réservoir extérieur quelcon-

Digitized by Google

que et qui ensuite se rend au condenseur dont elle enveloppe les tubes. L'eau provenant de la chaudière et destinée à redissoudre l'ammoniaque, est d'abord refroidie dans un serpentin où elle est entourée de l'eau d'alimentation et se rend ensuite au dissoluteur où elle absorbe le gaz ammoniac libre, puis elle est reprise par une pompe et refoulée dans la chaudière. La machine fonctionne en vertu de la différence de saturation qui existe entre la dissolution ammoniacale de la chaudière du pèse-alcali (19°) et celle du dissoluteur (26°).

Les expériences faites à l'Exposition ont démontré que cet appareil fonctionne bien ; mais de nombreuses objections ont été faites contre son application pratique. Les fuites semblent devoir être une cause de gêne continuelle. Cependant M. Frot répond que le fer se conserve beaucoup mieux dans l'ammoniaque que dans l'eau, et que, dans les presse-étoupes, l'huile est saponifiée par l'alcali, et rend toute fuite impossible. L'expérience seule peut prononcer sur la valeur de ces objections ainsi que d'une foule d'autres et de la réponse qui y a été faite. L'expérience prouvera aussi quel est le chiffre réel de la consommation en combustible, que M. Frot annonce être très-inférieure à celle d'une machine à vapeur. Une Commission nommée par S. Exc. le ministre de la marine a examiné depuis plusieurs mois la machine de M. Frot et donnera sans aucun doute des chiffres positifs sur la quantité de combustible qu'elle consomme ; nous ne pouvons donc rien affirmer en attendant le rapport de cette Commission. La machine à ammoniaque est encore une nouveauté, et ne peut nullement être considérée comme un appareil industriel. Nous la citons néanmoins avec le plus grand intérêt, parce qu'elle résume des idées nouvelles, dont l'application pratique deviendra peut-être possible et constituera alors une sérieuse découverte pour l'industrie.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

MOTEURS LECTRIQUES.

L'application, comme force motrice, de l'attraction magnétique développée sur un fer doux par le passage d'un courant électrique, a été l'objet de bien des recherches. On a même été jusqu'à prévoir le moment où l'électricité pourrait remplacer la vapeur sur les chemins de fer et dans la navigation. Malheureusement, la dépense considérable des piles électriques et la difficulté de tirer parti d'une force qui n'agit, pour ainsi dire, qu'au contact ou à une très-faible distance, a détruit depuis longtemps ces illusions. Le moteur électrique n'a été appliqué avec succès qu'à des appareils de précision n'exigeant qu'un minime travail. Il n'est pas encore sorti du cabinet de physique pour prendre une place quelconque dans l'industrie.

Néanmoins, un spécimen nouveau exposé par M. Cazal, de Paris, et disposé pour actionner directement une machine à coudre, présente dans sa disposition un certain intérêt. Cet appareil, remarquable par sa simplicité, se compose d'un électro-aimant circulaire, calé sur l'arbre à mouvoir et formé de deux disques ou plateaux entre lesquels s'enroule le fil conducteur du courant. La circonférence de ces disques est taillée comme une roue d'engrenage à larges dents; elle offre une série de parties pleines et de parties évidées en demi-cercle, correspondant à des dentelures semblables d'une couronne métallique fixe, à l'intérieur de laquelle peut tourner l'électro-aimant en s'en approchant le plus possible, mais sans la toucher. Cette couronne joue le rôle d'armature; quand les pleins de l'électro-aimant se trouvent en regard des creux de celle-ci, le courant passe et l'attraction magnétique déplace les disques, qui entraînent l'arbre dans leur

Digitized by Google

mouvement angulaire. Par le moyen d'un commutateur calé sur une embase isolante de l'arbre et formée d'une roue dentée, dont les saillies sont en nombre égal à celui des disques, le courant circule quand les dents de l'électro-aimant arrivent en face de celles de l'armature. L'électro-aimant, devenu inerte, continue son mouvement comme un volant, t le courant se ferme de nouveau dès que ses dents correspondent aux creux de l'armature. Pour un tour complet, il s'est donc produit autant d'attractions qu'il y a de dents à l'armature. L'action magnétique s'exerce, d'ailleurs, sur la moitié de la circonférence des disques mobiles, et son intensité n'est pas diminuée par l'éloignement de l'armature, celle-ci restant à la même distance de ces disques.

Un avantage assez important de ce moteur, c'est qu'il peut tourner indistinctement à droite, à gauche, et suivant l'impulsion première qu'il reçoit. M. Cazal a eu l'idée d'en tirer parti pour la marche d'une navette de métier à tisser de grande largeur. On sait que la course de cet organe est forcément limitée dans les métiers ordinaires, et que, par suite, la largeur des tissus ne peut dépasser une certaine limite; M. Cazal monte une navette sur un chariot roulant sur des rails, et la fait cheminer par son moteur électrique appliqué à l'un des essieux de ce chariot qui, une fois arrivé au bout de sa course, heurte une pièce qui change le sens de la rotation des roues, et le fait ainsi revenir à son point de départ. Il y a peut-être là le principe d'une application industrielle intéressante.

La Compagnie électro-magnétique de Birmingham a présenté un moteur établi sur le même principe que tous ceux qui ont été construits depuis l'origine des recherches ci-dessus mentionnées, c'est-à-dire d'après l'attraction d'un électro-aimant sur une armature fixée à l'extrémité d'une manivelle. Une disposition ingénieuse permet d'obtenir quatre attractions successives pour un tour de manivelle; ce qui donne à cette machine une supériorité incontestable sur celles

Digitized by Google

qui l'ont précédée. La même Compagnie a exposé des machines destinées à transformer le travail mécanique en lumière, et qui ne peuvent par conséquent rentrer dans la catégorie des moteurs électriques. Ces machines basées sur la découverte de M. Ruhmkorff, présentent des dispositions analogues à celles de M. Berlioz, dont il a été question dans le rapport sur la classe 12. Une machine à aimanter de M. Arthington, de Huddersfield, donne lieu à la même observation.

MM. Prévost et Cuizinier, de Montluçon, ont exposé un moteur électrique qui, par le moyen d'une courroie spéciale, devrait faire développer à l'arbre de couche un travail de 300 kilogrammètres avec deux éléments Bunsen seulement. Jusqu'à présent, ces inventeurs n'ont pu fournir la preuve de leurs assertions, leur appareil étant resté au repos.

En résumé, l'emploi de l'électricité comme force motrice n'a pas fait de progrès depuis la dernière Exposition Universelle; c'est une des questions réservées à l'avenir.

CHAPITRE III.

MOULINS A VENT.

Des quatre moulins à vent exposés dans le Parc, un seul justifie son nom et est destiné à la mouture du grain. La désignation de moteur aérien leur conviendrait mieux, car ces appareils sont disposés pour utiliser, sous des formes variables, le travail mécanique développé par la pression du vent sur des surfaces mobiles. Malheureusement, ce moteur, le plus économique de tous, est aussi le plus inconstant; aussi a-t-on renoncé à l'appliquer à des travaux qui ne peuvent s'accommoder d'un chômage prolongé. Il trouve sa principale utilisation dans l'élévation de l'eau pour les irrigations ou les desséchements des marais.

La France compte trois exposants de moulins à vent;

Digitized by Google

MM. Lepaute, de Paris, Mahoudeau, de Saint-Epain, et Formis, de Montpellier. L'industrie étrangère n'est représentée que par la Société de Châtelineau (Belgique), qui a installé un moulin à vent du système Thirion.

Dans les trois appareils français, la force du vent sert à élever l'eau ; M. Lepaute emploie une chaîne à godets ou noria, M. Mahoudeau, une pompe foulante et M. Formis une espèce de turbine qui est diposée spécialement pour les épuisements à de faibles profondeurs ou à l'élévation à de faibles hauteurs, comme le cas se présente dans le dessèchement des marais.

M. Lepaute a disposé, sur le sommet d'une tour de 20 mètres d'élévation, deux disques à jour d'un diamètre de 3 mètres environ, munis chacun de seize ailes d'inclinaison constante, comprises entre un cercle extérieur qui les enveloppe et un plateau en fonte calé sur un arbre horizontal. Les deux volées sont indépendantes l'une de l'autre, et, commandant chacune une noria, elles sont orientées chacune par un gouvernail. Le faible diamètre de la volée rend inutile l'emploi d'un modérateur, indispensable dans les autres systèmes. La résistance de la noria suffit pour l'empêcher de prendre une vitesse excessive sous l'action d'un vent violent.

Le moteur aérien de M. Lepaute date de 1858; il fonctionne d'une manière satisfaisante depuis cette époque.

M. Mahoudeau a conservé l'ancienne disposition des ailes ; mais il a perfectionné et simplifié le mécanisme du moulin à vent, qu'il est parvenu à rendre d'un emploi assez fréquent dans les exploitations agricoles. Il a déjà construit plus de 200 appareils semblables à celui qu'il expose. Ce moulin a six ailes offrant une surface de voilure de 10 mètres carrés ; six bras rigides de 3 mètres de longueur et légèrement inclinés vers l'extérieur, sont fixés à un manchon calé sur l'arbre horizontal. L'extrémité libre de chacun de ces bras porte, au lieu de vergue, une lame de ressort assez flexible pour permettre à l'aile formée par la toile de s'incliner plus ou moins suivant la force

Digitized by Google

du vent. Ce modérateur très-simple remplit parfaitement son but ; dès que le vent s'élève, la voile s'efface et lui présente une surface normale moindre. L'arbre horizontal mû par la volée commande directement, au moyen d'un coude ou manivelle, la tige de la pompe foulante. Il porte à l'extrémité opposée à la volée un contre-poids fixe qui équilibre celle-ci, tout en lui permettant de s'orienter et de se présenter toujours normalement à la direction du vent. Le moulin à vent de M. Mahoudeau s'oriente et se règle ainsi de lui-même; la simplicité de son mécanisme permet de l'établir à très-bas prix. Celui qui est exposé coûte 600 francs seulement et paraît à l'abri de la plupart des causes de dérangement.

Le moulin à vent de M. Formis a été imaginé par M. Dellon, ingénieur des ponts et chaussées. Comme celui de M. Lepaute, il commande un axe vertical par le moyen de deux roues d'angle qui lui permettent de s'orienter de lui-même, mais il présente une disposition nouvelle des ailes et de leur régulateur. A l'extrémité de chacun de ses huit bras ou rayons rigides se trouve attachée l'extrémité flottante d'une vergue prenant son point d'appui sur le milieu du bras précédent ; l'espace compris entre le bras et cette vergue est rempli par une voile triangulaire qu'il s'agit d'incliner plus ou moins suivant la force du vent ; à cet effet, l'écoute de la vergue file le long du bras et pénètre à l'intérieur de l'arbre horizontal d'où elle sort, par l'extrémité opposée à la volée ; cette écoute est tendue par un contre-poids convenablement calculé pour se soulever et laisser éloigner le bout de la vergue lorsque la limite de pression est dépassée. Ce contre-poids remplit ainsi le même office que le ressort adopté par M. Mahoudeau.

L'appareil de M. Formis a été employé avec succès au desséchement des marais entre Montpellier et Cette ; il a résisté au mistral, ce vent impétueux du Midi. Malheureusement, le modèle exposé n'a pu permettre de constater ses qualités ; il est placé en effet dans un point bas du Parc, et est, en outre,

Digitized by Google

masqué par des plantations qui l'empêchent de recevoir le vent ; aussi n'a-t-il presque pas tourné pendant la durée de l'Exposition.

Il nous reste à décrire l'appareil du système Thirion, exposé par la Société de Châtelineau. Ce moulin à vent est disposé pour un travail bien supérieur à celui des trois spécimens français. Il compte, en effet, vingt ailes en bois comme dans le système Lepaute, mais libres à leur extrémité opposée à l'arbre horizontal qu'elles font mouvoir. Chacune de ces ailes présente la forme d'un secteur étroit pouvant pivoter autour d'un rayon; elle est emmanchée par un gond au plateau en fonte calé au bout de l'arbre et, vers le milieu de sa longueur, dans un deuxième gond fixé sur un cercle réunissant toutes les ailes. Le système de régulateur est basé sur la force centrifuge, comme dans les modérateurs de machines à vapeur. Il se compose d'un deuxième grand cercle, de même diamètre que le premier et auquel sont adaptées par une de leurs extrémités des tringles articulées dont l'autre extrémité est fixée au centre de chaque aile. Deux de ces articulations portent à leur sommet des masses pesantes qui, sous l'action de la force centrifuge, tendent à s'éloigner du centre du grand cercle et à faire pivoter les ailes. Tant que la vitesse de régime n'est pas dépassée, l'inclinaison initiale des ailes reste la même ; le deuxième grand cercle est entraîné par les tringles et tourne avec leur vitesse angulaire ; mais, dès que le mouvement de rotation dépasse la limite fixée, les ailes pivotent autour de leurs gonds en vertu de la force centrifuge et présentent au vent une surface de plus en plus réduite à mesure que la vitesse s'accélère. La transmission de mouvement par engrenage permet d'ailleurs l'orientation de l'appareil, la volée pouvant se déplacer tout autour du pivot en entraînant avec elle l'arbre horizontal et la roue de commande.

Ce moulin à vent porte, outre son régulateur, un frein à main agissant sur une poulie de l'arbre horizontal ; celui de M. Formis porte aussi cet appareil de sûreté d'une utilité in-

Digitized by Google

contestable. En somme, on peut considérer les moulins à vent de l'Exposition comme résumant les divers perfectionnements dont ces appareils ont été l'objet. Sans présenter des progrès bien marquants, la construction de ces appareils a été étudiée, et ils rendent des services incontestables.

Digitized by Google

CLASSE 54

MACHINES-OUTILS ET PROCÉDÉS DE LA CONFECTION DES OBJETS DE MOBILIER ET D'HABITATION (1)

SOMMAIRE :

Section I. — Machines-outils, par M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, membre des Jurys Internationaux de 1855 et 1862.

Section II. — Machines-outils servant spécialement au travail des bois, par M. Tresca et M. Lecœuvre, ingénieur civil, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Section III. — Machines servant au travail des matières argileuses, par M. Tresca.

(1) On a réuni ici, en un seul corps de rapports, les classes 54 et 58, dont il était difficile de rendre compte séparément.

Digitized by Google

CLASSE 54

MACHINES-OUTILS ET PROCÉDÉS DE LA CONFECTION DES OBJETS DE MOBILIER ET D'HABITATION

SECTION I

MACHINES-OUTILS

PAR M. TRESCA.

Les machines-outils destinées le plus ordinairement au façonnage des métaux et des bois n'offrent en général, à l'Exposition de 1867, rien d'inattendu dans leur constitution ni dans leur mode de fonctionnement. Elles ont toujours pour organe agissant quelque outil plus ou moins dérivé des outils les plus primitifs, et elles ne diffèrent les unes des autres que par le choix et le groupement plus ou moins ingénieux des fonctions que cet outil peut effectuer, soit sous la direction du conducteur, soit même d'une manière absolument automatique. Pour transformer une masse solide, de manière à lui donner en tous sens des dimensions parfaitement déterminées, il faut tout à la fois que la pièce soit parfaitement assise, et que l'action de l'outil se produise dans des conditions géométriques parfaitement définies.

La réalisation de ces deux parties du problème a été le but

Digitized by Google

des modifications successivement accomplies depuis que l'on a doté l'outil le plus simple d'un emmanchement solide ; et, si de nouveaux progrès ont été mis en lumière par l'Exposition actuelle, ils doivent nécessairement avoir pour objet, soit d'utiliser des outils nouveaux, soit de rendre leur fonctionnement plus automatique, soit de fixer la pièce en travail d'une manière plus appropriée à l'effet à produire, soit enfin de donner à tout l'ensemble une stabilité de plus en plus grande. Cette stabilité, surtout, est devenue d'autant plus nécessaire que les besoins modernes de l'industrie mécanique, ont conduit à augmenter les dimensions des pièces et à éviter certains fractionnements qui n'étaient pas suffisamment exigés par le résultat à produire. C'est à ces divers points de vue que nous devons examiner les machines outils du palais du Champ-de-Mars, bien plus encore qu'au point de vue de tel ou tel nom en particulier ; et pour atteindre plus sûrement notre but, dans cet examen d'ensemble, nous établirons comme divisions fondamentales, celles qui ressortent de la nature même du travail à effectuer. C'est ainsi que nous étudierons séparément les machines à travailler les métaux, les machines à travailler les bois et les machines à façonner des substances molles comme les argiles et les pâtes à porcelaine.

CHAPITRE I.

MACHINES-OUTILS SERVANT AU TRAVAIL DES MÉTAUX.

Ces machines se recommandent à nous comme étant indispensables pour la construction économique des organes de toutes les machines de l'industrie manufacturière. Nous devons rechercher dans chacune d'elles les inventions qui portent sur la nature de l'outil, sur les combinaisons qui déterminent son fonctionnement et sur le groupement d'ensemble de tous les organes. Un pays qui n'aurait pas de machines-outils à la

Digitized by Google

disposition de ses ateliers de construction, serait aujourd'hui tellement tributaire des autres pays, qu'il ne pourrait compter que pour un bien faible contingent dans le chiffre total de la production industrielle.

§ 1. — Outils.

Les formes des outils n'ont pas éprouvé de grands changements, mais leurs dimensions se sont successivement augmentées, et l'on remarque une tendance générale vers les larges passes ; les plus puissantes machines servent à détacher des copeaux, dont la largeur atteint et dépasse même 15 centimètres. Cette tendance ne peut toutefois être satisfaite qu'à la condition d'une construction plus robuste, par l'application raisonnée des règles de la résistance des matériaux. Deux constructeurs éminents se sont préoccupés de la nécessité, toujours fâcheuse pour la qualité de l'acier, des forgeages successifs auxquels les aciers à outils sont trop souvent soumis, et ils se sont affranchis de cette nécessité en employant des barres étirées d'un profil spécial, qu'ils émeulent sous une forme toujours la même et sous le même angle.

C'est ainsi que M. Whitworth emploie, toutes les fois qu'il le peut, des burins à section triangulaire, solidement emmanchés dans une sorte de pince à ressort, dont les mâchoires embrassent exactement les trois faces latérales du prisme. Ce serrage très-efficace est déterminé par deux vis noyées, qui ramènent l'une vers l'autre les deux parties de la pièce primitive, que l'on a d'abord séparées par un trait de scie. M. Zimmermann a cherché la solution du même problème en employant des aciers cylindriques ; mais la solidarité de son outil n'est pas aussi complète par rapport au manche, et il nous paraît que l'emploi de cet outil, en quelque sorte universel, laisse par cela même beaucoup à désirer. La disposition de meules et de supports spéciaux, pour l'affûtage sous un angle constant, s'était déjà fait remarquer à l'Exposition de 1862.

Elle s'est répandue depuis lors et constitue, dès maintenant, un progrès assuré, dont M. Whitworth et M. Zimmermann, chacun de son côté, tirent un parti très-avantageux.

La forme la plus convenable à donner à chaque outil, suivant la nature de la matière sur laquelle il doit opérer, a fait l'objet, dans ces dernières années, de nombreuses expériences dans les ateliers de la marine française. En déposant au Conservatoire des arts et métiers la collection complète des outils les plus efficaces, après les avoir fait figurer à l'Exposition, M. le ministre de la marine a rendu certainement un grand service aux ateliers de construction. Dans cette collection, presque complète, chaque outil porte une inscription, indiquant les meilleures conditions de son emploi, et, en particulier, celle de la vitesse qui lui convient, suivant qu'on opère sur du fer, de la fonte ou du bronze.

La fraise, dont le domaine s'était beaucoup restreint lors de l'introduction des premières machines-outils, a repris une grande faveur, et elle entre maintenant dans la construction d'un grand nombre de machines qui portent le nom générique de machines à fraiser. Peu employées avant l'Exposition de 1862, ces machines importantes sont maintenant utilisées à l'égal des machines à burins. Il n'est pas rare de voir plusieurs fraises, portées sur un même bâti, disposées de manière à exécuter sur une seule pièce diverses façons successives. Les machines à fraiser, les vis de MM. Brown et Sharp, de Philadelphie, les machines analogues exposées par M. Kreutzberger et appartenant au ministère de la guerre de France, montrent bien tout le parti que l'on peut tirer de ces utiles auxiliaires des machines plus classiques, connues sous le nom de tours et de machines à raboter. Il est vrai que l'extension donnée à l'emploi de la fraise a été grandement favorisée par la création de certains types de machines, uniquement destinées à faire ces fraises, c'est-à-dire, à établir autour d'un solide de révolution des entailles à arêtes vives, disposées d'une façon parfaitement symétrique. On obtient ainsi des outils

Digitized by Google

qui peuvent façonner les métaux les plus durs suivant les profils les plus variés, avec une parfaite exactitude de calibre entre tous les exemplaires successivement produits.

En France, c'est à M. Kreutzberger que l'on doit cette renaissance d'un outil déjà ancien, et les ateliers de l'État en font aujourd'hui un usage tel, que plusieurs centaines de machines à fraiser, sorties des ateliers de l'industrie privée, sont, dès à présent, employées, soit à la construction des nouveaux fusils, soit à la transformation des anciens.

La filière à mâchoires mobiles, telle qu'elle a été imaginée par M. Whitworth, a servi de point de départ à toutes celles qui sont employées aujourd'hui dans les machines à tarauder. Nous en trouverons des exemples, soit dans la machine de M. Sellers, qui, en quelques années, a été adoptée dans tous les pays, soit dans des machines moins répandues, qui sont quelquefois préférables pour certaines applications spéciales.

La fraise n'est pas le seul outil qui donne l'exemple d'une rénovation dans son emploi ; nous devons encore parler, au même point de vue, de la scie, qui n'était en quelque sorte employée mécaniquement pour le travail des métaux que sous la forme de la scie circulaire, dans quelques opérations métallurgiques d'importance secondaire. Voici, en effet, que la scie à lame sans fin, si précieuse dans le découpage du bois, devient l'outil le plus habile pour le découpage du fer; il a suffi de modifier sa vitesse de transport et de changer l'espacement des dents pour l'appliquer avec un réel avantage à la fabrication des nombreux ornements découpés qui figurent dans l'exposition de l'amirauté anglaise. Un bloc de fer de $0^{m}20$ d'épaisseur, dans lequel on a aussi découpé une double spirale avec une épaisseur de trait de $0^{m}002$ est accompagné de la note suivante, que nous croyons devoir transcrire en entier :

« La scie sans fin employée au sciage du bois est l'invention

Digitized by Google

de M. Perrin, qui l'a fait figurer à l'Exposition de 1855, où elle a été achetée par le colonel Tulloh, alors surintendant des ateliers royaux de charronnage. Pour le sciage du fer, elle doit être conduite à une vitesse moindre ; celle de 1m30 par seconde paraît la plus convenable ; les dents de la scie sont droites et très-fines, au nombre de quatre seulement par centimètre, et la scie elle-même doit être faite avec l'acier le plus dur que l'on puisse obtenir. Le fer de 25 millimètres d'épaisseur peut être débité, suivant une courbe quelconque, à raison de près de 40 millimètres par minute. Cette scie est très-employée pour le découpage des joues et des traverses des affûts et pour toutes les pièces de formes irrégulières qui entrent dans la construction des bâtis en fer ; l'avantage de ce procédé consiste en une diminution de main-d'œuvre, due à ce qu'il reste peu de choses à faire après le travail de la scie, et de ce que le déchet de matière est aussi beaucoup moindre. »

Un grand avenir est réservé à ce mode de travail, qui est pour la première fois représenté dans les Expositions.

Nous ne parlerons pas de l'emploi de plus en plus vulgaire de l'étampe, sous l'action des plus puissants marteaux-pilons comme sous celui des plus petites machines à forger, car, si les applications de ce mode de travail sont plus nombreuses, elles ne présentent aucune modification bien caractéristique ; mais il ne nous est pas possible de passer sous silence l'usage plus général du diamant, pour le façonnage des matières les plus dures.

M. Barrère, auquel le Jury a accordé une de ses premières récompenses, paraît être le premier qui s'en soit servi pour la gravure de précision sur pierre. Plus récemment, le diamant noir a été employé sur une grande échelle, dans les ateliers de M. Hermann, au burinage du granit, et nous le retrouvons à l'Exposition de 1867 comme le principal organe de la machine à perforer les roches, de M. Leschot, rendue plus pratique par M. de la Roche Tolay, qui fait agir le diamant à effort constant au moyen d'une pression hy-

Digitized by Google

draulique, s'exerçant, d'une manière continue, sur le porte-outil.

Cet examen rapide des outils, considérés en eux-mêmes, nous amène à penser que nous retrouverons successivement tout l'arsenal de l'outillage manuel de nos pères, venant, dans des proportions différentes, il est vrai, se mettre à la disposition des bras mécaniques qui forment l'ossature des machines-outils dont l'usage est indispensable aujourd'hui. Aussitôt qu'une machine nouvelle apparaît dans ce nouvel ordre d'idées, si elle n'est condamnée dès ses premiers pas, elle devient bientôt universelle.

§ 2. — Mode de fonctionnement.

Dans nos ateliers de construction modernes, le travail moteur est le plus ordinairement fourni sur un arbre animé d'un mouvement de rotation, et transmis individuellement à chaque machine-outil par le moyen d'une courroie, qui embrasse la poulie dite motrice de cette machine. Il faut, dans ce cas, que l'arbre principal de la machine détermine, à chaque révolution, les déplacements des outils ou des pièces en travail, quelquefois des unes et des autres, au moment précis où ils doivent se rencontrer. De là la nécessité d'une série d'organes de transmission, dont le fonctionnement régulier exige une grande stabilité dans les supports, une liberté suffisante et un ajustement précis dans les guides toujours nombreux de toutes les pièces. Ces conditions se sont traduites, grâce aux progrès de l'art de la fonderie, par l'emploi presque exclusif de la fonte creuse pour la confection des bâtis et par l'augmentation toujours plus marquée du poids intéressé à la stabilité de l'ensemble. L'Exposition de 1867 nous montre que ce mode de construction, inauguré par M. Whitworth, a été adopté d'une manière générale, et que les bâtis en fonte d'une seule pièce constituent désormais, au risque même d'une grande complication dans

Digitized by Google

les modèles, le type le plus parfait des nouvelles machines-outils.

La construction de ces bâtis s'est d'ailleurs beaucoup améliorée par la facilité que les machines-outils elles-mêmes ont donnée, dans ces derniers temps, de percer tous les trous d'ajustage dans des directions exactement parallèles ou perpendiculaires. On ne saurait attacher trop d'importance à ce mode d'exécution.

Au point de vue des organes qui entrent dans la composition des machines-outils, nous aurions peu de modifications à signaler, et nous nous bornerons à décrire deux organes importants.

Si les machines-outils de toutes les contrées européennes se ressemblent, non-seulement par leur aspect général, mais aussi par leurs dispositions de détail, il n'en est pas de même des machines américaines, qui nous étaient beaucoup moins connues et qui présentent fréquemment des solutions tout à fait inattendues. C'est ainsi que nous trouvons dans les tours de M. W. Sellers, de Philadelphie, et dans ses autres machines, des dispositions quelquefois très-différentes des nôtres. Il y a particulièrement dans les tours une transmission à vitesse variable, dans laquelle un disque est emprisonné entre deux autres disques égaux et parallèles, qui pincent le premier à l'aide d'un ressort. Les faces intérieures des deux disques, qui forment la paire, sont légèrement convexes, et, suivant que l'on enfonce le premier plus ou moins entre les deux autres, on obtient entre les deux arbres un rapport de vitesse différent ; cet organe simple permet de supprimer les séries de roues dentées qui sont destinées au même usage, particulièrement dans les tours à fileter.

L'emploi des fraises a entraîné, comme corollaire, l'emploi des calibres destinés à guider l'outil pendant son fonctionnement et à l'obliger à décrire exactement le profil demandé. Nous trouvons, dans quelques machines, les mêmes calibres, lorsque l'outil est un burin, comme, par exemple, dans la

Digitized by Google

machine à tailler les engrenages coniques de M. Zimmermann, de Chemnitz, et dans quelques-uns des grands outils de M. Pihet, pour le façonnage des canons.

La constante préoccupation des constructeurs de machines-outils est dirigée vers la diminution de l'assistance manuelle de l'ouvrier et, d'une exposition à l'autre, on peut reconnaître que les machines-outils deviennent de plus en plus automatiques ; mais cette tendance est moins accusée cependant dans les machines à usage général que dans les machines constituées spécialement pour la fabrication d'un même produit. Les machines à clous et les machines à charnières nous fourniront à ce sujet d'utiles observations. Disons cependant que, dans le domaine des grands outils, la machine à tailler les engrenages, de Sellers, est arrivée à tailler automatiquement, l'une après l'autre, toutes les dents d'une roue d'engrenage, depuis 10 jusqu'à 300 dents, sans que le conducteur, après avoir réglé les conditions du travail, ait autre chose à faire qu'à enlever l'engrenage lorsqu'il est terminé. De pareilles œuvres sont bien faites pour montrer jusqu'à quel point l'homme peut être remplacé, non pas seulement dans les manœuvres de force, mais encore dans celles qui exigent un certain ordre arithmétique dans la suite des opérations.

On avait beaucoup remarqué, en 1862, les machines doubles, qui permettaient de faire exécuter deux pièces à la fois, sous la surveillance d'un seul ouvrier ; les meilleurs constructeurs ont persisté dans cette méthode pour la fabrication des petits objets, tels que les boulons et les écrous, mais, pour les grosses pièces, on préfère maintenant employer deux outils qui travaillent successivement dans deux sens opposés, dans les machines à mouvement alternatif, telles que les machines à raboter et les étaux limeurs. Ainsi se trouve résolue, pour les grandes raboteuses, la question de prééminence restée jusqu'alors indécise entre les machines à retour rapide et les machines à outils tournants, disposés de manière à travailler dans les deux sens. La réalisation du retour rapide exige toujours une cer-

taine complication dans les organes de transmission, et elle n'évite que partiellement les temps perdus. La rotation de l'outil après chaque passe est rarement accomplie avec assez de précision pour que les différentes coupes se raccordent parfaitement. L'emploi des deux outils indépendants est, sous ces deux points de vue, plus avantageux.

Mais toutes ces méthodes seraient illusoires si la pièce à travailler n'était absolument stable, par rapport à l'outil, dans chacune de ses positions. Aussi le mode d'agrafage des pièces a-t-il été l'objet d'importantes améliorations, qui se traduisent presque toutes par l'emploi des tables à rainures, disposées dans des plans parallèles ou perpendiculaires sur les différents côtés du bâti. La mise en chantier des plus grosses pièces se fait, à l'aide de ces tables, avec plus de rapidité, et l'on obtient, en outre, la stabilité nécessaire à tout bon travail. Les tables à rainures sont surtout indispensables pour les grandes machines à percer et pour les limeuses. Dans ces dernières machines, on réussit d'ailleurs très-bien au moyen des deux tables distinctes sur lesquelles les deux extrémités d'une pièce longue peuvent être respectivement fixées. L'ajustage des bielles est devenu chose facile avec cette disposition.

CHAPITRE II.

MACHINES-OUTILS D'UN EMPLOI GÉNÉRAL.

Aucun atelier de construction ne saurait maintenant prospérer et se suffire à lui-même, s'il ne possède un assortiment complet des principales machines-outils, c'est-à-dire plusieurs tours, plusieurs machines à raboter, à mortaiser, à aléser, à percer, à fraiser, à tarauder, à tailler les engrenages, à poinçonner et à cisailler, un certain nombre d'étaux limeurs et des machines à faire les boulons et les écrous. Un marteau-

Digitized by Google

pilon pour les grosses pièces de forge et une petite forgeuse mécanique sont également indispensables ; enfin, il faut joindre à cette liste déjà nombreuse les outils spéciaux de l'atelier de chaudronnerie, qui diffèrent complétement de ceux de l'atelier d'ajustage.

L'étendue de ce rapport ne nous permettrait pas d'examiner en détail les modifications survenues depuis l'Exposition de 1862 dans ces différents genres de machines-outils ; mais nous essayerons cependant de caractériser, pour les plus importantes d'entre elles, les diverses particularités qui ont été le plus remarquées.

1. *Tours.* — Le tour le plus important qui ait figuré à l'Exposition est celui de M. Ducommun et C^ie^. Bien que combiné spécialement pour l'ajustage des canons, on doit le considérer comme d'un usage général, et nous en avons vu fonctionner un presque semblable aux usines de la Ciotat, où il fournissait un excellent travail, alors même qu'on l'avait employé sans prendre le temps d'établir une fondation. Ce tour a une hauteur de pointes de $1^{m}05$ et une longueur de 12 mètres ; il pèse 35 tonnes et est entièrement automatique dans toutes ses dispositions.

Les tours à fosses de divers constructeurs, les tours à bancs coupés de la Compagnie des forges et chantiers de l'Océan, ceux de Whitworth et de Shepherd Hill et C^ie^, sous le rapport du fini de l'exécution, ceux de Sellers, avec leurs transmissions à vitesses variables évitant l'emploi des roues de quadrature dans les tours à fileter, sont tous des machines remarquables ; mais nous devons surtout appeler l'attention des constructeurs sur le beau tour à quatre pointes de MM. Varrall, Elwell et Poulot, qui permet de travailler la pièce qui y est montée autour de deux axes exactement perpendiculaires l'un à l'autre, et, à un autre point de vue, sur le tour de précision de M. Colmant.

Cette dernière machine est plutôt un outil universel, sur

Digitized by Google

lequel toutes les pièces d'un calibre quelconque peuvent être exécutées avec une exactitude pour ainsi dire mathématique. Tous les mouvements sont à volonté automatiques ou commandés à la main ; les chariots porte-outils peuvent prendre toutes les inclinaisons, se déplacer pendant le travail dans toutes les directions, et tous ces déplacements étant indiqués par des cadrans divisés, on est sûr de faire la pièce exactement conforme au dessin coté. Un tour de cette perfection sera considéré dans tous les ateliers de construction comme le moyen le plus sûr de faire les pièces modèles, de leur donner les profils convenables et de disposer toutes sortes de dentures sur les pignons ou sur les fraises, avec toute la délicatesse que demandent ces organes.

II. *Machines à raboter.* — La machine à raboter la plus importante de l'Exposition, tant par ses dimensions que par la nouveauté de sa construction, était celle de M. Sellers, de Philadelphie. Le tablier fixe, de 7^m32 sur 2^m44, est placé presque au niveau du sol, et une grande arcade mobile, qui porte les outils, offre une ouverture de 3 mètres de hauteur, qui permet d'opérer sur des pièces de très-grande dimension. On pourrait peut-être reprocher à cette machine quelque défaut de stabilité dans la partie mobile, mais le guidage est parfait et la plupart des transmissions automatiques sont nouvelles dans quelques détails et d'une grande efficacité.

Les autres constructeurs se recommandent par une exécution de plus en plus parfaite, qui se rapproche de celle dont M. Whitworth a été le promoteur, mais les dispositions sont, en général, restées les mêmes, si ce n'est pour la machine à raboter verticale, exposée sous deux dimensions différentes, par la Compagnie des forges et chantiers de l'Océan. Le type de cette machine est entièrement nouveau, et l'on comprend qu'il ait pris naissance dans un atelier où l'on se livre particulièrement à l'exécution des grandes machines marines. La pièce étant solidement assise sur un plateau entièrement dé-

Digitized by Google

couvert peut effectuer, à l'aide de deux coulisses rectilignes et d'une coulisse circulaire, toutes les évolutions nécessaires pour se présenter devant l'outil, dont le déplacement a lieu suivant la verticale. Dans la plus grande de ces machines, le moteur est adhérent, et l'on peut raboter jusqu'à 5 mètres de hauteur.

III. *Machines à mortaiser.* — Les grosses machines à mortaiser sont devenues plus robustes ; les petites sont remplacées avec beaucoup d'avantage par les machines à fraiser dans un grand nombre d'applications. Il ne faut pas s'étonner de ce que ce genre de machines n'ait pas présenté, à l'Exposition actuelle, d'amélioration capitale qu'il soit possible de caractériser, au point de vue sommaire auquel nous nous sommes placés dans ce rapport.

IV. *Machines à aléser.* — Il en serait de même pour les machines à aléser, si nous ne nous permettions de les examiner en dehors même de l'Exposition. Certains constructeurs, M. Ducommun et Cie, entre autres, ont reconnu la nécessité d'aléser toutes les portées d'une même machine, à l'aide d'outils de direction constante, agissant sur la pièce en travers qui vient se présenter devant eux, en restant toujours parallèle à elle-même. La précision qui en résulte dans le fonctionnement réalise une amélioration si considérable que cette pratique est certainement destinée à se généraliser, et que les efforts des constructeurs nous apporteront avant longtemps des types de machines de ce genre, qui deviendront bien vite aussi usuelles que les machines les plus fondamentales de nos ateliers actuels.

V. *Machines à percer.* — Les machines à percer, radiales ou à bras fixes, augmentent toujours de dimensions : les bâtis deviennent plus stables ; leurs fonctions s'effectuent d'une manière plus automatique ; les poids sont mieux répartis; les ta-

bles sont mieux disposées pour l'agrafage ; les vitesses peuvent varier dans de plus larges limites, à mesure qu'on veut les faire servir pour des perçages de plus grandes dimensions. Les progrès apportés dans la construction de ces machines importantes sont à peu près les mêmes dans les différents pays qui en avaient envoyé à l'Exposition, et l'on peut dire qu'ils vont tous de pair au point de vue de la construction de ces machines.

En France, à côté des plus beaux types de M. Mazeline et de MM. Varrall, Elwell et Poulot, nous avions un grand nombre de machines à percer, de dimensions plus modestes et exécutées, pour ainsi dire, comme articles de quincaillerie ; sans vouloir comparer ces appareils à ceux dont nous venons de parler, au point de vue de la perfection du travail, nous devons dire cependant que ce genre de machines courantes et de construction fort ordinaire, exécutées cependant dans des conditions de production économique, ne laisse pas que d'être l'objet d'un chiffre d'affaires considérable et même d'une exportation importante.

VI. *Machines à fraiser.* — Nous avons déjà eu occasion de montrer l'importance qu'ont acquises dans ces dernières années les machines à fraiser, employées principalement à la confection des mortaises et à l'ajustage de toutes les parties creuses des pièces de machines, pour lesquelles les outils ordinaires ne peuvent, la plupart du temps, être employés. MM. Sharp Stewart et Cie se sont adonnés, plus qu'aucun autre établissement, à la construction de ces machines, dans lesquelles il est nécessaire de donner à l'outil un mouvement de translation très-régulier. La transmission par engrenages elliptiques paraît avoir résolu ce problème de la manière la plus satisfaisante, et bien qu'elle ait été remplacée chez plusieurs constructeurs étrangers par des moyens équivalents, elle restera comme un organe d'un bon emploi et pourra être appliquée à d'autres fonctions analogues. La machine à fraiser, con-

Digitized by Google

sidérée comme outil d'usage général et dans le type anglais, n'est pas encore construite en France. On peut voir, cependant, par les applications spéciales qui sont réalisées dans l'exposition du ministère de la guerre et de M. Kreuzberger, à quelles variétés de formes elles peuvent être utilisées.

VII. *Machines à tarauder.* — M. Whitworth, par ses filières à coussinets mobiles, a fait le premier pas vers la construction des nouvelles machines à tarauder ; mais il était réservé à M. Sellers de faire adopter de prime-saut sa machine dans tous les pays où l'on s'occupe de construction. C'est que, en effet, la disposition qu'il a fait figurer pour la première fois à l'Exposition de 1862 opère en une seule passe sur des tiges de plusieurs centimètres de diamètre, et offre, en outre, l'avantage, par l'écartement des mâchoires après la passe effectuée, de pouvoir retirer la tige taraudée sans perdre le temps nécessaire pour la dévisser.

En France, la machine à tarauder a été plus spécialisée encore par M. D. Poulot qui dirige tous ses efforts vers la création et l'adoption de pas uniformes, à l'instar de ce qui est aujourd'hui réalisé en Angleterre par rapport aux dimensions types de Whitworth, qui sont devenues, en quelque sorte, officielles et qui sont adoptées même par les ateliers de l'État.

VIII. *Machines à tailler les engrenages.* — En ce qui concerne la construction des engrenages, nous avons des progrès considérables à mentionner dans la construction des machines.

Pour les engrenages cylindriques, M. Sellers a, comme nous l'avons déjà indiqué, résolu le problème de la machine à tailler les dents d'une façon tout à fait originale et des plus remarquables. Il a supprimé la plate-forme divisée et est arrivé à faire une excellente division, en employant seulement des séries de pignons qu'il substitue les uns aux autres. Par suite de la suppression de la plate-forme, les dimensions de la ma-

chine sont diminuées ; par l'emploi d'embrayages convenables, le travail est rendu absolument automatique ; enfin la division étant déterminée par des organes rigides, et dans lesquels l'usé doit être fort lent, les résultats qu'il obtiendra seront tout à fait permanents et les profils irréprochables.

La machine de M. Zimmermann, de Chemnitz, est tout aussi remarquable, et, n'était son prix élevé, elle serait bientôt d'un usage général pour la confection des engrenages coniques dans tous nos ateliers de construction.

La roue à tailler est solidement assise sur un moyeu horizontal ; le porte-outil est lié à un centre formé par une articulation sphérique qui occupe exactement le sommet du cône de la roue et ne peut même se déplacer que suivant les génératrices de ce cône ; un calibre de forme convenable règle d'ailleurs le profil une fois pour toutes, et assure l'identité parfaite de la denture pendant toute la durée du travail.

Le succès de cette machine a été tel à l'Exposition, que MM. Shepherd, Hill et Cie, qui sont, en Angleterre, au premier rang pour la construction des machines-outils, se sont émus de ce succès, et qu'ils ont cru devoir produire des dessins antérieurs de machines semblables qu'ils auraient précédemment exécutées. L'analogie du plan général est en effet complète ; mais il est juste de dire que, si M. Zimmermann s'est inspiré des modèles antérieurs, la priorité n'appartient pas non plus à MM. Shepherd, Hill et Cie, qui n'étaient à cet égard que les acquéreurs de la patente de M. Potts, auquel il convient, par conséquent, de reporter le mérite principal de cette ingénieuse machine.

Dans une autre direction, nous devons encore citer, comme un des faits saillants de l'Exposition, la machine à tailler les dents de crics, qui était exposée par l'usine de Graffenstaden, et qui est bien faite pour montrer tout ce que l'intelligence de l'homme peut demander aux combinaisons mécaniques, en fait de précision et d'habileté.

Digitized by Google

IX. *Machines à poinçonner et à cisailler.* — La machine à poinçonner et à cisailler, de M. De Bergue, déjà distinguée à l'Exposition de 1862, est restée encore à son rang dans celle de 1867 : mais elle a trouvé à côté d'elle des machines qui ne lui cèdent plus en rien sous le rapport de la puissance et de la solidité. M. Bouhey, de Paris, entre autres, a, en effet, apporté au concours un nouveau modèle, à quatre fins, pour cisailler et couper les fers de divers profils, ainsi que les cornières ; cette machine répond parfaitement à toutes les exigences de la pratique, et elle est tout aussi robuste que la machine anglaise.

A un autre point de vue, nous devons citer comme digne du plus grand intérêt la poinçonneuse et la cisaille hydrauliques de M. Tangye, de Birmingham, qui, appelant à son aide le principe de la presse hydraulique, a doté l'industrie de machines portatives, relativement très-puissantes et destinées à rendre de grands services dans les ateliers temporaires, et loin de tout moteur spécial. L'introduction de ces machines, dans les travaux de montage, nous apparaît comme un des plus utiles perfectionnements que nous ayons pu constater à l'Exposition.

X. *Etaux limeurs.* — Ces machines sont presque toutes du même type, à l'exception de celle de M. Duval, de Paris, qui a heureusement modifié le mode ordinaire de construction. L'étau limeur est la machine essentielle pour l'exécution des pièces de moyenne et de petite dimension. Les plus importants à l'Exposition étaient ceux de M. Hartmann, de Chemnitz, et de MM. Sharp Stewart et Cie, de Manchester. La machine de M. Hartmann, à deux tables et à poupée tournante, est d'un modèle plus grand que toutes les autres, et, en la voyant fonctionner à l'Exposition, on ne peut douter que l'augmentation des dimensions ne soit une source certaine de nouveaux services rendus par les machines de ce genre à l'art des constructions.

Digitized by Google

XI. *Machines à faire les boulons et les écrous.* — C'est en Amérique et en Saxe surtout que nous trouvons les types les plus variés de ces machines, dans lesquelles toutes les opérations s'effectuent, sans déplacement de la pièce, au moyen d'outils variés qui viennent chacun à son tour exécuter la partie du travail qui lui est confiée. En général, les outils sont doubles, pour l'exécution simultanée de deux faces à la fois, et les mécaniciens ne sauraient accorder trop d'attention aux services que peuvent leur rendre ces petites machines, d'un prix peu élevé et d'un grand produit.

XII. *Marteaux divers.* — On ne saurait trop le redire : le marteau-pilon a seul permis les gigantesques travaux qui sont exécutés aujourd'hui dans les ateliers de construction de machines : sans son concours, ils reculeraient de trente ans.

Il ne nous appartient pas de refaire l'histoire de cette puissante machine et de l'essor immense qu'elle a tout d'un coup donné à l'emploi du fer, sous toutes les formes ; mais il nous faut dire que, depuis quelques années, son domaine a beaucoup grandi encore. Les pièces de forges les plus compliquées, des roues de locomotives, par exemple, se moulent aujourd'hui dans des étampes comme on faisait d'une brique d'argile, malgré toutes les difficultés de la haute température à laquelle il faut opérer, malgré la dureté de la matière et l'exagération des dimensions. A ce point de vue, le grand marteau-pilon de M. Detombay, de Marcinelle, près Charleroy, était d'autant plus remarquable que le constructeur a pu ne le faire payer qu'à raison de 23 francs les 100 kilogrammes, c'est-à-dire presqu'au prix de la fonte. Ce marteau laisse tomber une masse de 4,000 kilogrammes, d'une hauteur de 1m80, et pèse 78,000 kilogrammes.

La fabrication de l'acier Bessemer a donné naissance à d'autres perfectionnements ; la matière étant plus résistante, il a fallu pour la marteler utilement, recourir à des chocs plus énergiques, auxquels les bâtis en fonte ne pouvaient plus

Digitized by Google

résister. MM. Thwaites et Carbutt, de Bradford, qui se sont adonnés exclusivement à la construction des marteaux-pilons ont remplacé ces bâtis par des constructions en tôle, parfaitement entendues et exécutées; et, parmi ces marteaux modifiés, il y en a de plus grands qu'une maison.

Les mêmes constructeurs ont eu la hardiesse de réaliser pratiquement l'idée de M. Ramsbotton, en exécutant les marteaux horizontaux qui forcent deux masses de 30 tonnes chacune à s'entre-choquer en enfermant entre elles la pièce à forger.

Nous avons déjà pris le soin, pour d'autres genres de machines, de montrer les perfectionnements des petits appareils à côté de ceux qui caractérisent les machines les plus puissantes. Nous pourrions citer à cet égard le marteau-pilon de MM. Shaw et Justice, de Philadelphie, dont l'action est augmentée par l'interposition d'un ressort, et le marteau à courroie de M. Schmerber qui, à l'aide de ses ressorts en caoutchouc, peut remplacer le marteau-pilon pour le forgeage des petites pièces, et si nous regardons encore au-dessous de ces types, nous devons signaler avec la plus vive approbation l'emploi des moutons à friction tels que les construisent M. Cheret et M. Deny, de Paris, conformément aux types que nous avons vus à l'Exposition. Le mouton, proprement dit, est lié à une courroie qui embrasse, sur la moitié de sa périphérie, une poulie supérieure, toujours en mouvement, et sur laquelle elle glisse sans être entraînée. Mais si l'on tire l'autre brin de la courroie de manière à le tendre, le frottement devient suffisant pour que l'entraînement ait lieu; le mouton est alors soulevé à la hauteur que l'on veut et il retombe aussitôt que l'on cesse la traction. Cette machine est d'un emploi très-sûr; elle fatigue peu l'ouvrier et lui permet de modérer ses coups suivant la hauteur à laquelle il permet à la masse choquante de se soulever.

Dans la revue beaucoup trop rapide que nous venons de faire des principales machines-outils, nous avons pu à peine

Digitized by Google

faire comprendre les traits généraux de leur construction. Mais l'administration du Conservatoire impérial des arts et métiers a pu faire dessiner la plupart des machines les plus intéressantes, dont les dispositions de détails pourront être utilement consultées dans le portefeuille industriel de cet établissement, qui est ouvert chaque jour au public et où l'on peut librement prendre des calques de tous les dessins exécutés.

CHAPITRE III.

MACHINES SPÉCIALES.

Si les machines à usage spécial échappent, par leur destination même, aux considérations générales que nous avons pu faire ressortir en parlant des machines-outils d'un usage courant, elles n'en sont pas moins d'un grand intérêt, et, sous ce rapport aussi, nous aurions beaucoup de particularités à signaler. Au reste, cette spécialité de certaines machines-outils n'exclut pas les grandes dimensions, et l'on peut dire qu'une des plus belles entre toutes est la machine à percer les longerons de locomotives, exposée par l'usine de Graffenstaden. On trouve dans ce puissant appareil, et jusque dans les plus petits détails, cette entente de la construction et cette simplicité de manière qui caractérisent la plupart des œuvres de l'éminent ingénieur qui dirige cet établissement et qui a, de sa personne, tant contribué aux progrès des machines-outils dans notre pays.

L'Exposition de 1862 nous avait fait voir une machine du même genre ; celle de Graffenstaden est plus automatique et satisfait mieux aux conditions du problème.

Nous aurions pu placer dans le chapitre précédent le frappeur mécanique de M. Davies, si sa nouveauté même ne nous avait pas imposé une grande réserve. Que l'on se figure

Digitized by Google

une machine à vapeur placée dans un grand anneau horizontal et actionnant la queue d'un lourd marteau. A l'aide d'une pédale, on règle la succession et l'énergie des coups que l'on veut appliquer sur une pièce de forge. Si l'on veut donner une autre inclinaison au marteau, la machine tourne dans son anneau; si on veut abaisser ou relever le centre d'articulation, l'anneau obéit, dans un plan vertical, à l'action d'une pression hydraulique; il tourne aussi autour d'un axe vertical, et la rapidité du travail est telle qu'une enclume est insuffisante pour utiliser toutes ses forces; il en faut disposer tout autour cinq ou six, sur lesquelles les forgerons apportent tour à tour les pièces que cet ingénieux appareil doit façonner. Nous prédisons un grand succès au frappeur mécanique de M. Davies.

Un ingénieur français, M. Bouquié, avait imaginé de fabriquer des chaînes dont les maillons seraient formés de deux parties annulaires de section semi-circulaire, superposées à joints croisés et sans soudure; mais leur réunion devait être assurée au moyen d'une languette régnant dans toute la longueur de la face de raccordement. Ses idées ont été interprétées par M. Deny, qui a exposé une machine à l'aide de laquelle les fers sont approchés, courbés, sertis, anneau par anneau, et d'où la chaîne sort toute faite et prête à être employée.

MM. Evrard et Boyer font des charnières de toutes pièces avec une machine qui s'alimente d'elle-même du cuivre et du fil de fer nécessaires à la confection de ces pièces et qui sont, par avance, approvisionnés sur des bobines spéciales. Le fil est introduit, les plaques sont découpées, pliées, chanfreinées, percées et fraisées dans des opérations successives que l'œil ne peut suivre, et dont le résultat est le déversement presque continu de charnières entièrement confectionnées.

Cette machine nous rappelle la machine à clous américaine de M. Wickersham, qui mérite aussi une mention spéciale. Les clous américains sont découpés dans de la tôle; au lieu d'être cylindriques comme nos pointes de Paris, on se borne à arrondir un peu les arêtes, et, il faut le dire, les clous que l'on obtient

Digitized by Google

ainsi occasionnent moins de fentes que les nôtres, lorsqu'on les introduit dans les planches minces, perpendiculairement aux fibres. Voici comment la machine opère : Le profil du clou est tel que l'évidement de la pointe correspond à l'élargissement de la tête ; des découpoirs, placés les uns à côté des autres découpent sur toute la largeur de la tôle les profils latéraux de dix clous, placés tête-bêche, c'est-à-dire que les découpoirs ont alternativement le profil de l'un et de l'autre profil latéral des clous ; puis la tôle se déplace tout à la fois d'une longueur de clou en largeur, d'une épaisseur de clou dans le sens de l'avancement, et découpe ainsi, face par face, et sans aucun déchet de tôle, environ dix clous par seconde, qui tombent en véritable pluie dans une trémie disposée pour les recevoir.

Des évolutions aussi curieuses, mais beaucoup plus précises, sont encore nécessaires dans les petits découpoirs de l'industrie parisienne, particulièrement dans ceux que M. Prat exécute avec une délicatesse infinie pour obtenir les maillons de ces chaînes de fantaisie, auxquelles l'enchevêtrement de ces petits maillons donne des apparences si variées et si élégantes.

Si nous voulions citer encore, nous trouverions mille choses à dire sur ces machines spéciales que le besoin fait inventer et qui sont bien faites pour montrer tout ce que peut le génie de la mécanique, qui sait vaincre aujourd'hui toutes les difficultés qu'on lui propose. Voilà quels sont les fruits des efforts individuels des mécaniciens de notre époque. Ils n'attendent ni les expositions, ni les récompenses pour marcher en avant, et c'était un devoir pour nous de faire connaître au moins les fruits de ces labeurs ignorés, qui ont pour résultat certain de demander de plus en plus à la machine à vapeur de varier l'emploi de toutes ses forces, en enlevant chaque jour à la population ouvrière une de ses fatigues, et en la remplaçant chez elle par une nouvelle satisfaction de l'esprit.

Digitized by Google

SECTION II

MACHINES-OUTILS SERVANT SPÉCIALEMENT AU TRAVAIL DES BOIS

PAR MM. TRESCA ET LECŒUVRE.

Les nombreuses industries qui font usage de bois dressés, assemblés et façonnés, ont appelé depuis longtemps l'attention des constructeurs-mécaniciens sur l'utilité de travailler les bois mécaniquement. Plusieurs d'entre eux ont essayé de répondre aux demandes qui leur étaient faites, en combinant des appareils quelquefois fort ingénieux, mais établis le plus souvent de façon à ne remplir qu'imparfaitement le but proposé. Ces tentatives, faites antérieurement à l'époque où l'on s'est occupé avec succès de la construction des machines-outils à travailler les métaux, n'ont réellement réussi que depuis qu'on a pris le sage parti de substituer la fonte au bois dans l'installation des bâtis, qu'on n'a plus ménagé le poids de la matière et qu'on a su déterminer les dimensions et les formes les plus convenables. C'est seulement depuis l'Exposition universelle de 1855, époque à laquelle un assez grand nombre de machines ont été présentées au concours, que ces dernières se sont répandues dans les ateliers. Le renchérissement continuel du prix des bois et de la main-d'œuvre a permis aux fabricants de consacrer des sommes plus élevées à l'achat de leur outillage et, par conséquent, de se procurer des machines plus perfectionnées.

Digitized by Google

Les machines à travailler le bois servent le plus habituellement au sciage, au rabotage, au perçage, au tonnage et à la fabrication des tenons et des mortaises. Elles sont principalement employées par les marchands de bois, les mécaniciens, les charpentiers, les menuisiers, les ébénistes, les fabricants de pianos et les constructeurs de wagons et de navires. Quelques industries spéciales ont aussi à leur disposition des machines qui permettent de fabriquer des tonneaux, des bois de fusils, des sabots, des rais de roues, des allumettes, des caisses, des crayons et des sculptures. Chaque jour surgissent des machines s'appliquant à des industries qui ont à reproduire les mêmes effets en très-grande quantité. C'est, au reste, en faisant usage d'outils spéciaux qu'on peut amener la baisse des produits fabriqués et parvenir ainsi à soutenir avec avantage la concurrence, soit en France, soit à l'étranger. Nous comptons, dans l'étude que nous avons l'intention de faire des machines à travailler le bois, nous borner à l'examen des principaux appareils, c'est-à-dire de ceux dont on fait le plus fréquemment usage dans l'indústrie.

§ 1. — Débitage des bois.

Le débitage des bois est l'opération qui consiste à le diviser en poutres, en madriers, en planches ou en feuillets minces. Ce travail s'opère quelquefois à la main, mais le plus souvent il a lieu mécaniquement. Les scieries mécaniques peuvent se diviser en deux grandes classes :

1° Les scieries à mouvement rectiligne alternatif ;
2° Les scieries à mouvement continu.

La première classe comprend les scieries verticales avec ou sans balancier, à une ou à plusieurs lames, et les scieries horizontales. La seconde classe comprend les scieries circulaires et les scies à lames *sans fin*.

Digitized by Google

§ 2. — Scieries à mouvement rectiligne alternatif.

Les scieries à mouvement rectiligne alternatif comprennent les scieries verticales et horizontales. Une scierie verticale se compose d'une ou de plusieurs lames de scie, du châssis qui reçoit l'outil avec ses mouvements et du mécanisme qui sert à faire avancer le bois. Les lames de scie sont en acier laminé et trempé ; elles sont garnies de dents qui agissent à la façon du bédane. Pour éviter le frottement de la lame contre le bois, les dents sont déviées de chaque côté de manière à présenter ce qu'on désigne sous le nom de *voie*. Cette déviation doit être inférieure à deux fois l'épaisseur de la lame. Autrefois les lames étaient en fer et avaient une épaisseur considérable atteignant jusqu'à 6 millimètres ; aujourd'hui cette épaisseur est beaucoup moindre et ne dépasse pas 2 millimètres. La forme de la denture est très-variable, suivant la nature du bois à débiter ; elle se rapproche beaucoup de celle d'un triangle ayant le plus petit côté de l'angle droit à peu près horizontal. L'angle en contact avec le bois est d'environ 60°. Une condition indispensable à remplir, c'est que l'intervalle compris entre deux dents voisines soit suffisant pour loger la sciure. Il est encore indispensable que les dents aient la même saillie et la même voie; sans cela certaines dents fatiguant plus que d'autres sont rapidement mises hors de service. Il arrive cependant quelque fois qu'on donne plus de voie vers le milieu de la longueur de la lame parce que les dents extrêmes ont moins à travailler que celles du milieu. La déviation des dents est parfois plus considérable d'un côté de la lame que de l'autre, cela dépend de la structure du bois; la pratique seule enseigne ce qu'il y a à faire dans cette direction. On doit à M. Cochot, de Paris, une amélioration récente qui a déjà pénétré dans quelques ateliers, surtout dans ceux où l'on tient à obtenir de beaux sciages; elle consiste, après avoir donné la voie, à courber les extrémités des dents de façon à les rendre parallèles à la lame.

Digitized by Google

Une opération très-importante dans l'entretien des lames, c'est le défonçage et l'affûtage des dents. Ce double travail s'effectuait autrefois à la main à l'aide d'un tire-point. Depuis qu'on est parvenu à fabriquer des meules artificielles, formées, soit d'émeri et de caoutchouc vulcanisé, soit d'émeri et de gomme laque, on se sert de ces meules auxquelles on imprime un mouvement de rotation très-rapide. La meule est montée à l'extrémité d'un double levier à contre-poids dont l'axe peut prendre toutes les inclinaisons qui sont nécessaires pour le travail. Des appareils de ce genre ont été exposés par MM. Mangin et Cie, à Paris, et par MM. Schmaltz frères, d'Offembach.

Les lames sont placées dans l'intérieur d'un châssis, ayant la forme rectangulaire ; il peut être construit en bois, en fer et en fonte. Cette pièce, dont le poids doit être assez faible, ne présente pas assez de solidité quand on la construit en bois ; la fonte et le bronze conviennent parfaitement pour les traverses inférieure et supérieure, mais les montants verticaux ont besoin d'être en fer; le plus souvent on établit le tout en fer, en ayant soin de se servir de fer creux pour les côtés verticaux. Dans les machines à une seule lame, l'assemblage peut se faire avec une très-grande solidité; il n'en est pas de même dans les appareils à plusieurs lames; leur montage présente toujours des difficultés, et il faut prendre beaucoup de précautions pour que leur écartement reste invariable pendant tout le temps où elles n'ont pas besoin d'être démontées. Il est indispensable, pour que les lames donnent de bons résultats, qu'elles soient parfaitement tendues : il faut pouvoir, au besoin, les resserrer. Le cadre, qui renferme les lames, peut être mis en action de deux manières bien distinctes. Le mouvement vertical de va-et-vient lui est imprimé par une bielle qui reçoit son mouvement de la part d'un arbre à manivelle, situé soit au-dessous, soit au-dessus du cadre. Quand l'arbre principal de la machine est au-dessous, on est obligé d'établir une fosse en contre-bas du sol, mais, dans ce cas, on agit le plus ordinai-

Digitized by Google

rement sur la traverse inférieure, et l'on ne s'expose pas à faire fléchir les lames ; dans le cas contraire, on évite l'établissement de la fosse et l'on risque de détendre les lames. On parvient à éviter cet inconvénient assez grave en donnant au cadre un surcroît d'épaisseur. La seconde disposition, qui est préférable à la première, à cause de sa simplicité, exige souvent qu'on relie la partie supérieure des bâtis, soit aux murs, soit aux charpentes de l'atelier. On peut pourtant se passer de cette précaution, en se servant de bâtis bien entretoisés et offrant une grande section.

Les scieries à balancier, qui autrefois étaient assez employées, sont maintenant à peu près abandonnées à cause de leur grande complication, de la grande étendue d'emplacement qu'elles demandent, et des secousses qu'elles produisent lorsque les assemblages ne sont pas faits avec soin.

La vitesse des châssis étant assez considérable, il faut que le cadre soit parfaitement guidé ; on y parvient en terminant les traverses en forme de trapèzes et en faisant pénétrer les extrémités dans des coulisses de même forme, qu'il est convenable de pouvoir déplacer pour compenser l'usure, qui est, au reste, peu sensible, quand les surfaces frottantes ont de grandes dimensions. Théoriquement, la course du cadre qui porte les lames devrait être égale à la plus grande hauteur du bois à scier ; en pratique, on doit toujours la dépasser pour que la sciure produite puisse se dégager. Le châssis, comme toutes les pièces animées d'un mouvement rapide de va-et-vient, doit présenter une grande légèreté. L'excédant du poids nécessaire à la bonne marche de l'appareil doit être équilibré par un contre-poids qu'on place à l'extrémité de l'un des bras du volant et qu'on calcule au moyen de formules déduites de l'expérience.

Dans la machine à mouvement vertical que nous considérons, le bois à scier, quand il a une faible longueur, se place sur un chariot qui peut être en bois ou en métal. Ce chariot, portant une série de roues à rebords, repose sur des bandes

Digitized by Google

de fer tenant lieu de rails; la partie inférieure est garnie d'une crémaillère engrenant avec un pignon qui reçoit un mouvement de l'arbre à manivelle par l'intermédiaire d'une roue à rochet et d'un cliquet. A chaque mouvement de montée et de descente du porte-lames, le chariot s'avance d'une quantité qui est réglée à l'avance, suivant la dureté du bois et aussi suivant le nombre de lames dont on fait usage. Une question se place naturellement ici : celle de savoir à quel moment de la course du châssis il faut faire avancer le bois. On peut mettre le bois en contact avec les lames au moment de la descente du châssis, et le laisser immobile pendant toute la durée du trait de scie, ou bien le faire avancer pendant que les lames opèrent leur action. La première méthode, qui est la plus rationnelle, et qu'on doit préférer, donne un sciage parfait, parce que le mouvement d'avancement se fait sans résistance, et que les lames éprouvent peu de vibrations. Il faut, pour que les dents ne rencontrent pas le bois à la montée, que les lames fassent avec la verticale un angle qui sera d'autant moindre que l'avancement du bois sera plus faible.

Quand la scierie est à plusieurs lames, la pièce de bois à débiter est maintenue par deux poupées garnies de tiges horizontales à une ou à plusieurs pointes. Lorsque l'appareil n'est qu'à une lame, le châssis longitudinal est surmonté d'un second chariot pouvant recevoir un mouvement transversal à la main pour régler l'épaisseur des plateaux et des planches qu'on veut obtenir. Avant de monter le bois sur la machine, il faut dresser avec soin la face qui doit être appliquée contre le second chariot. Ce dernier système est maintenant fort peu employé, parce que le débit est moindre avec l'emploi d'une même puissance motrice.

Nous avons supposé qu'on débitait des bois courts; lorsque leur longeur est considérable, on supprime le chariot, et on le remplace par quatre cylindres verticaux cannelés, dont deux fixes et deux mobiles; ces derniers sont montés sur un support qui s'avance ou s'éloigne à l'aide d'un levier à con-

Digitized by Google

tre-poids. Les cylindres fixes sont mus lentement par l'arbre principal de transmission de mouvement ; ils servent à mener le bois et à le mettre en contact avec les dents des scies. Le bois qui se trouve compris entre les deux paires de cylindres a besoin de présenter deux faces planes parallèles ; la face inférieure horizontale, qui doit être aussi plane, repose sur une série de rouleaux destinés à diminuer le frottement. On peut encore, quand les bois ont une grande longueur, faire usage d'une crémaillère double, placée au niveau du sol, tenant lieu de chariot. La partie inférieure est dentée à la manière ordinaire, et le dessus porte des dents en forme de triangle rectangle sur lesquelles repose le bois. On assure la stabilité de la pièce au moyen d'un guide formé d'un cadre rectangulaire à claire-voie, en ayant soin d'interposer une cale entre le guide et le bois. Il est inutile de dresser le bois avant de le monter sur la machine ; il suffit, au moment de son installation, de mettre la face la plus plane en contact avec la crémaillère. La simplicité avec laquelle le bois peut se monter, et l'économie de temps qui en résulte, font de cette disposition le perfectionnement le plus remarquable qui ait été apporté aux scieries destinées à débiter les bois en grume. On la trouve sur l'une des machines exposées dans la section française, par M. Benjamin Normand, du Havre.

Dans certaines industries, comme dans la construction des navires, on cherche les bois courbes qu'on pourrait débiter sur les scieries ordinaires, à la condition de se servir d'appareils avec châssis porte-lames, ayant une grande course. On a depuis longtemps remédié à cet inconvénient, en apportant quelques modifications aux anciennes scieries. Les principaux changements consistent à placer à chaque extrémité un petit chariot à quatre roues à rebords, reposant sur des bandes de fer, et à monter vers le milieu de la scierie deux cylindres horizontaux, au-dessus desquels se trouvent deux autres cylindres articulés sur des bras de leviers mobiles et à contre-poids. Le bois n'est jamais conduit que par un chariot et par une

paire de cylindres. Pour qu'il s'applique constamment sur le cylindre inférieur, chaque griffe d'attache du bois peut tourner autour d'un axe monté sur la face supérieure du chariot. On voit par là qu'il est possible de ne donner au cadre porte-lames qu'une course en rapport avec les dimensions du bois. Cela suppose que les courbes sont dirigées dans un plan vertical. Quand elles sont dans un plan horizontal, les deux chariots extrêmes ne peuvent plus se mouvoir sur une voie ferrée, les quatre roues de chacun d'eux sont mobiles autour d'axes verticaux comme les roulettes de lit. Le sol sur lequel elles roulent doit, dans ce cas, être plan et très-résistant. Il est nécessaire que la machine soit conduite par un ouvrier intelligent pour qu'il amène successivement les divers points des courbes tracées sur le bois, en regard avec les lames de scie. MM. Sautreuil, de Fécamp, sont dans l'intention de construire des machines participant des deux dispositions précédentes et avec lesquelles on pourra débiter des pièces présentant des courbes placées dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

Les bois de dimensions moyennes, qui ont au moins une face dressée à la scie, ne sont pas débités sur les machines que nous avons examinées jusqu'à présent ; ils sont divisés en planches ou en feuillets, au moyen de la scie à cylindres. Cet appareil est généralement composé d'un châssis porte-lames auquel on donne un mouvement rapide de va-et-vient et d'un système d'avancement du bois, formé de quatre cylindres verticaux, dont deux cannelés. C'est sur les deux autres présentant une surface unie qu'agit la pression d'un poids ou d'un ressort. La machine est à volonté à une ou plusieurs lames, et elle peut quelquefois scier deux madriers à la fois. Les appareils de ce genre n'ont reçu aucune amélioration depuis la dernière Exposition.

La difficulté de transporter les bois dans l'intérieur des forêts a souvent empêché l'exploitation d'arbres parvenus à la limite de leur croissance. Au lieu de pratiquer des routes

Digitized by Google

toujours coûteuses, on a préféré construire des scieries locomobiles pouvant être mises en mouvement, soit par un cylindre à vapeur adhérent à l'appareil, soit au moyen d'une machine à vapeur locomobile, par l'intermédiaire de poulies et de courroies. Les machines destinées à cet usage sont des scieries ordinaires à chariot ou à cylindres installées sur un train de voiture à quatre roues. A l'arrivée, l'appareil de sciage est démonté et placé sur un cadre en charpente fixé solidement au sol ou bien il reste sur son chariot, en ayant soin de maintenir les roues au moyen de coins reliés avec des tirants en fer, d'appuyer les moyeux des roues contre les embases des essieux et de traverser le chariot et l'avant-train par un boulon à écrou. Ces trois moyens, qui assurent la stabilité du système, sont dus à M. Cochot, de Paris. Le chauffage de la chaudière a lieu avec les déchets de bois, qui sont en quantité bien suffisante pour produire la vapeur nécessaire au service de la machine. Ces appareils, que l'on abrite sous des hangars provisoires, de façon à les préserver des intempéries, tendent de plus en plus à se répandre dans l'industrie forestière, à laquelle ils rendent d'immenses services. Les scieries mécaniques qui sont à l'Exposition sembleraient faire croire qu'on ne construit que des appareils de moyenne dimension; ce sont au contraire les grandes scieries qu'il faut chercher à employer, parce qu'elles réduisent en petites pièces des arbres très-volumineux qu'il serait impossible d'amener dans les ateliers qui font usage de bois.

Que les scieries soient fixes ou locomobiles, à chariot ou à cylindres, la vitesse des lames et l'avancement des bois sont toujours les mêmes. La vitesse du châssis porte-lames varie de 2 à 3 mètres par seconde et le bois s'avance de 2 millimètres et demi à 3 millimètres par coup, pour le bois dur. Dans le bois tendre et avec les machines à une lame, la marche du chariot porte-bois est assez considérable; elle atteint jusqu'à 25 millimètres par coup.

Pour terminer ce qui est relatif aux scieries à mouvement vertical, il ne nous reste plus que quelques mots à dire sur les appareils servant au découpage des bois minces. Quand la lame doit suivre des contours intérieurs présentant des interruptions ou des sinuosités continues, les pièces d'une grande longueur se manœuvrent avec une grande difficulté. L'Exposition nous montre des dispositions dues, l'une, à M. Zimmermann de Chemnitz, et l'autre, à M. Lucas de Rouen, qui permettent de découper des objets d'une longueur illimitée, en donnant simplement, à l'aide des pieds, un léger mouvement de rotation à la lame pendant qu'on fait avancer le bois dans deux directions à angle droit.

Les scieries à lames horizontales s'appliquent uniquement au sciage des bois de placage. Les organes mécaniques dont se compose le système sont toujours les mêmes; il n'y a de différence sensible que dans la position qu'occupent les pièces principales; ainsi le châssis porte-lames est horizontal, et le chariot contre lequel s'applique le bois se meut verticalement. Dans les machines de cette espèce il n'y a jamais qu'une lame très-mince et très-étroite formant l'un des grands côtés du cadre qui la porte. La scie coupe pendant que le bois est immobile et la pièce monte lorsque la lame recule.

Depuis quinze ans, il n'a été apporté aucune amélioration sensible aux scieries à placage; elles ont atteint un tel degré de perfection qu'elles ne laissent rien à désirer. Le châssis porte-lames se meut avec une vitesse de 250 à 300 coups par minute et l'avancement du bois varie de 1 2 millimètre à 1 millimètre par coup. Dans 30 millimètres on retire environ 24 feuilles; on pourrait en obtenir davantage, mais alors l'épaisseur du bois serait trop faible. Au lieu de scier le bois de placage, il arrive quelquefois qu'on le tranche; dans ce cas on ne produit pas de sciure et on réalise une économie d'un tiers. Le nombre de feuilles qu'on retire d'une épaisseur de 30 millimètres est d'environ 35. Malgré cet avantage considérable sur la production, on préfère le sciage pour les ouvrages soignés, parce

Digitized by Google

que le bois tranché perd une partie de sa matière colorante, par suite de la nécessité de faire séjourner la bille dans la vapeur, et il a ses fibres sensiblement détachées. C'est le bois de noyer qu'on tranche le plus facilement sans qu'il change d'aspect.

§ 3. — Scieries à mouvement continu.

Les scieries à mouvement continu comprennent les scieries circulaires et les scieries à lame sans fin. Ce qu'on désigne sous le nom de scierie circulaire est un appareil composé d'une lame circulaire, avec sa transmission de mouvement, et d'une table. La lame est en acier fondu dentée extérieurement à la façon des scies droites. La seule précaution à prendre, c'est de pratiquer des dents en nombre pair, pour qu'il n'y ait pas deux dents voisines déviées du même côté. Les lames ne pouvant pas être tendues ont besoin d'avoir une épaisseur assez considérable, surtout celles d'un grand diamètre ; on s'oppose encore au voilement en les maintenant, près de l'axe, entre deux disques circulaires. L'exposition américaine montre une lame de scie de grande dimension à dents mobiles. Cette disposition, qui a l'avantage de conserver à la lame son diamètre primitif, n'est pas encore assez sanctionnée par l'expérience pour qu'on puisse conseiller d'en faire usage. La lame est fixée sur un arbre qu'il est bon de faire en acier fondu et de monter sur pointes. Le mouvement lui est donné par des poulies et des courroies. Pour éviter les accidents, il est convenable de ne pas placer la poulie folle sur l'arbre et de l'installer sur un manchon cylindrique, ayant même axe que lui, appliqué contre une partie fixe de la machine.

La table est une simple plaque en fonte, dressée avec soin, qu'on fixe à hauteur convenable pour le travail. L'arbre, qui reçoit la lame, est fixé contre la face inférieure et la face supérieure, porte un parallélogramme articulé, destiné à régler l'épaisseur de la pièce qu'on veut scier. Dans les petites scieries, le bois est appliqué à la main contre la lame; mais, quand

le bois à débiter a des dimensions considérables, on le place sur un chariot qu'on fait avancer à l'aide d'une corde s'enroulant sur un treuil qui prend son mouvement sur l'arbre de la scie.

Les scieries circulaires, au moins en France, sont particulièrement employées au débitage des bois de faible échantillon; on ne s'en sert, pour les gros arbres, que pour dresser une ou plusieurs faces avant leur installation sur une scierie à mouvement vertical alternatif. La scierie circulaire est très-convenable pour le travail du bois dans le sens perpendiculaire à la longueur, même dans le cas de fort équarrissage. Suivant que la lame est dans la direction des fibres ou dans le sens transversal, les dents doivent avoir des dimensions différentes. On remarque, dans le compartiment américain, une scierie de M. Zimmermann, composée d'un levier double, portant une lame circulaire à chacune de ses extrémités. On se sert alternativement de l'une ou de l'autre lame, suivant la direction des fibres du bois.

En Angleterre, on continue à se servir de la scie circulaire avec lame formée d'un grand nombre de segments, pour le débitage du bois de placage. Cette machine, d'une très-grande simplicité, a l'inconvénient grave de donner des feuilles d'une épaisseur à peu près double de celle qu'on obtient à la scie.

La vitesse à circonférence varie de 5 à 10 mètres par seconde, suivant le diamètre et la dureté du bois. L'avancement de la pièce varie de 2 à 3 millimètres.

Les scieries à lame sans fin, imaginées depuis longtemps, abandonnées et reprises à diverses époques, ont eu beaucoup de peine à devenir industrielles, parce que l'acier n'était pas suffisamment homogène; la soudure ne résistait pas au travail et la lame mal guidée s'enroulait sur des poulies d'un trop petit diamètre. Ce n'est qu'à partir de l'époque où toutes ces difficultés ont été vaincues par M. Périn de Paris, que les scieries à lame sans fin sont devenues pratiques. Ces machines, d'abord établies pour le découpage du bois, se composent d'une lame sans fin,

Digitized by Google

d'un bâti en fonte et d'une table. La lame, qu'on a eu beaucoup de mal à obtenir de façon à donner un travail certain, doit être en acier fondu très-homogène; elle a, en outre, besoin d'être dressée et brasée avec beaucoup de soin. Pour cette dernière opération, il a fallu organiser un outillage spécial. Bien que les scieries à ruban soient dans le domaine public et puissent, par conséquent, être établies par tous les mécaniciens, on continue à s'approvisionner de lames chez celui qui a rendu l'appareil réellement industriel. Les poulies, qui reçoivent la lame, doivent être d'un grand diamètre, bien équilibrées et garnies à l'extérieur d'une bande de cuir. Elles sont animées d'une grande vitesse, et on peut les éloigner ou les écarter au moyen d'une vis. Plusieurs constructeurs, pour varier sans doute la disposition primitive, ont, sans motifs bien sérieux, remplacé le moyen de tension à la main par des ressorts en acier ou en caoutchouc, ou bien par un levier chargé d'un poids. Une précaution indispensable à prendre, c'est d'envelopper la lame d'une gaîne en bois, à hauteur d'homme, pour garantir l'ouvrier en cas de rupture. La lame est guidée près de la pièce à découper par un morceau de bois dur, qui peut, à volonté, monter et descendre. Le bâti, dont les formes ont été sensiblement améliorées dans ces dernières années, se rapproche beaucoup de celui des machines à percer les métaux. La table est souvent circulaire, mais la forme rectangulaire est plus convenable quand on est appelé à scier des bois de grandes dimensions. Pour éviter de mettre des cales sous les pièces à débiter, suivant des angles variables, on peut incliner la table. Il est quelquefois plus commode de pouvoir incliner la scie et de laisser la table dans un plan horizontal: c'est ce qu'a fait M. Dupriez, de Paris, qui a une fabrique spéciale de baldaquins. Les scieries à lame sans fin, qui ont paru pour la première fois à l'Exposition de 1855, rendent d'immenses services dans les ateliers qui débitent des bois de formes variées; aussi les rencontre-t-on maintenant

Digitized by Google

dans un grand nombre d'établissements, aussi bien à l'étranger qu'en France.

Depuis peu d'années, la scie à lame sans fin est employée avec succès par M. Périn au débitage des bois en grume. Le bois est posé au niveau du sol, sur un chariot pouvant recevoir un mouvement longitudinal, et, comme on ne peut installer qu'une lame, il est nécessaire de déplacer le bois transversalement. L'avancement du bois n'est pas intermittent, ainsi que cela se pratique dans les scieries à mouvement alternatif; il est continu. La lame est parfaitement guidée à l'aide de deux morceaux de bois dur qu'on maintient solidement au-dessus et au-dessous de la pièce que l'on débite. L'avantage principal de cette nouvelle machine est de scier le bois d'une manière continue, et, par suite, d'éviter les pertes de temps des scieries alternatives, dans lesquelles le travail est intermittent.

Au lieu du chariot, on peut faire avancer le bois au moyen de cylindres cannelés et unis; les premiers servent à la translation du bois, et les seconds servent à produire la pression par l'intermédiaire d'un levier chargé d'un poids. Dans l'exposition française, on voit une scierie à lame sans fin, présentée par M. Périn, dans laquelle on a remplacé les deux cylindres cannelés par une chaîne sans fin composée de plaques cannelées et articulées. De cette façon, la pression produite par le poids étant répartie sur une surface d'une assez grande étendue, les cannelures ne pénètrent dans le bois que d'une très-faible quantité. La vitesse de la lame sans fin est de 15 à 16 mètres par seconde.

§ 3. — Machines à raboter.

Les machines à raboter le bois sont principalement formées d'un ou de plusieurs arbres porte-outils et d'un système d'avancement du bois. On peut à volonté dresser une, deux, trois ou quatre faces. Les outils, sous forme de lames plates, sont montés sur des porte-outils le plus souvent à section carrée, faisant corps avec des arbres horizontaux ou verticaux.

Digitized by Google

Quelquefois le porte-outils est cylindrique, en ne présentant que les évidements nécessaires pour le passage des lames. Cette disposition, due à M. Fréret, de Fécamp, a surtout pour but de diminuer la résistance que rencontre le porte-outils carré en tournant dans l'air. On peut de la sorte augmenter la vitesse de l'outil, ce qui est bien avantageux, car le défaut d'homogénéité du bois exige qu'on le coupe avec une très-grande rapidité. Ce même défaut demande qu'on donne au porte-outils un mouvement en sens contraire de celui de l'arrivée du bois, de façon à éviter les éclats; le bois peut être amené sous l'action des outils, soit au moyen d'une table mobile, comme dans les machines à raboter les métaux, soit à l'aide de cylindres cannelés assemblés sur les arbres horizontaux ou verticaux soumis à l'action de poids, soit avec une chaîne sans fin garnie de talons mobiles. La première disposition n'est employée que pour le dressage du bois sur une face. Dans tous les autres cas, on peut faire avancer le bois par les deux derniers moyens. Quand on en fait usage, on applique fortement le bois dans le sens horizontal et dans le sens vertical, par des poids ou des ressorts. Pour empêcher le bois de se soulever après le travail, il faut encore faire usage de cylindres avec leviers à bascule chargés de poids. Dans les machines à chariot, qui sont assez rarement employées, le rabotage a nécessairement lieu à la partie supérieure du bois, tandis que, dans les autres machines, il peut se faire indifféremment sur la face supérieure ou sur la face inférieure. Cela permet, quand on se sert de ce dernier procédé, de monter sur la table fixe un fer de varlope dont on règle à volonté la saillie, qui achève de dresser la surface qu'on tient à rendre parfaitement plane. Le bois, ne se trouvant maintenu que par des rouleaux de pression, tend à fléchir sous l'action des outils animés d'un mouvement de rotation, de sorte qu'il vaut souvent mieux agir à la surface supérieure, quitte à perdre le petit avantage que nous venons de signaler. Dans les machines à raboter sur trois faces, les porte-outils verticaux reçoivent quelquefois des fers convenables pour pratiquer des

Digitized by Google

rainures et des languettes. Ces machines portent alors la dénomination de machines à parquet. M. Vallod, d'Ivry-sur-Seine, a exposé une de ces machines dans laquelle la face horizontale est travaillée par dessus, au moyen d'un porte-outils animé à la fois d'un mouvement de rotation et d'un mouvement de translation longitudinal, dans le but d'empêcher le bois de produire des éclats. Le rabotage du bois se fait quelquefois sur des machines dans lesquelles on supprime complétement les lames animées d'un mouvement de rotation, pour se servir uniquement de fers rapportés sur la table qui supporte le bois. Ces machines, connues sous le nom de machines à fers fixes, produisent beaucoup, mais absorbent une grande quantité de puissance motrice ; de plus, elles ne font que blanchir le bois, de telle sorte qu'elles ne peuvent servir lorsqu'on veut obtenir un travail soigné.

Dans les machines à raboter les bois suivant des surfaces planes, les fers plats dont on fait usage sont montés sur des porte-outils, de manière à ce que le tranchant de chaque outil soit parallèle à l'axe ; on a souvent employé des lames inclinées sur l'axe, mais on y a généralement renoncé, à cause de la difficulté de les régler. Il résulte de cette disposition que les lames agissent alternativement, en produisant des chocs et une certaine irrégularité dans la dépense du travail moteur. Pour obvier à ce double inconvénient, M. Maréchal, de Paris, a imaginé de se servir de lames hélicoïdales boulonnées sur un porte-outils fondu avec des nervures de même forme. On a de la sorte une machine dans laquelle les différents points de chacune des lames viennent successivement attaquer le bois, sans qu'il y ait jamais la moindre interruption dans le travail. Cette machine, qui a paru pour la première fois à l'Exposition de Londres, en 1862, et qui figure de nouveau à l'Exposition de cette année, ne saurait être pratique, si elle ne présentait pas un moyen particulier d'affûtage. Chaque fois que l'une des lames ne coupe plus, on arrête le travail, on fait remonter le porte-outils à la main et on le met en contact avec une meule arti-

Digitized by Google

ficielle en émeri, placée sur le bâti de la machine. En donnant à la meule un mouvement de rotation très-rapide et un mouvement de translation assez faible, pendant qu'on fait tourner les lames avec une très-petite vitesse, on parvient rapidement à mettre les tranchants des lames sur une même surface cylindrique. Le reproche le plus grave à faire à cette machine, c'est qu'il est nécessaire d'affûter toutes les lames dès que l'une d'elles seulement demande à être réparée.

Dans les machines que nous avons considérées jusqu'à présent, les lames coupent le bois dans le sens des fibres; il y a d'autres machines dans lesquelles les outils attaquent le bois transversalement. La pièce principale des machines de cette espèce est un disque en fonte claveté sur un arbre vertical ou horizontal. Le plateau circulaire sert à recevoir plusieurs gouges et ciseaux destinés, les uns à dégrossir le bois, et les autres à terminer le travail. Ces machines sont peu répandues, sans doute à cause de la difficulté de régler la position des outils d'une manière convenable.

Dans les machines à lames plates montées sur un porte-outils à section rectangulaire, et dans les machines hélicoïdales, la vitesse du porte-outils est d'environ 2,000 tours par minute. Quand les lames plates sont fixées sur un porte-outils cylindrique, la vitesse est beaucoup plus grande; elle peut aller jusqu'à 3,000 tours par minute. L'avancement du bois est d'environ $0^{m}04$ par seconde. Dans les machines à plateaux, les outils se meuvent avec une vitesse de 240 à 250 tours par minute, et le bois s'avance de $0^{m}02$ par seconde.

§ 4. — Tours.

Le tournage des petites pièces de bois s'effectue le plus souvent sur des tours au pied, auxquels on imprime une grande vitesse. On dégrossit le bois avec une gouge, et on termine l'opération avec un ciseau plat. Les objets de grandes dimensions, comme la plupart des modèles de machines, s'obtien-

nent par des tours mécaniques analogues à ceux qu'on emploie pour le travail des métaux, avec cette différence que le mouvement a lieu directement sans l'intermédiaire d'engrenages.

Lorsque les pièces à tourner ont des profils qui se répètent un grand nombre de fois, on peut établir un gabarit en métal contre lequel s'appuie constamment le chariot porte-outils. L'exposition américaine nous montre une application de cette idée à un tour, destiné au tournage de bâtons de chaises. Pendant que l'outil dégrossit le bois, une lame inclinée, présentant les creux et les saillies qu'il s'agit de produire, descend mécaniquement de façon à remplacer la plane du tourneur à la main. L'affûtage de cette lame doit présenter de sérieuses difficultés, qui peut-être s'opposeront à l'introduction de ce nouveau tour dans les ateliers.

Dans les tours à bois ainsi que dans ceux à métaux, l'objet à travailler reçoit un mouvement de rotation pendant que le support de l'outil a un mouvement de translation longitudinal. Lorsqu'il s'agit d'obtenir une surface cylindrique à section circulaire, on peut faire l'inverse, c'est-à-dire donner un mouvement de rotation à l'outil et un mouvement de translation à la pièce. Au lieu d'un seul outil, on en met deux, l'un qui dégrossit et l'autre qui achève le travail. Un tour de cette espèce se fait remarquer dans l'exposition de M. Fréret.

§ 5. — Machines à percer.

Le perçage du bois s'effectue avec trois espèces d'outils : la mèche à cuiller, la mèche anglaise, ou bien la mèche contournée en forme d'hélice. Cette dernière mèche, d'invention récente, donne d'excellents résultats, en ce sens que les copeaux n'encombrent pas les trous. Les machines qui portent les mèches n'ont pas été modifiées depuis ces dernières années. Elles ont beaucoup d'analogie avec les machines à percer les métaux. La pression de l'outil est obtenue à la main, et le porte-outils est équilibré par un contre-poids, de façon à pouvoir

Digitized by Google

être remonté avec un très-faible effort lorsque le perçage est terminé, ou bien lorsqu'un accident se présente. La mèche fait environ 800 tours par minute et descend de $0^{m}002$ à $0^{m}003$ par tour.

§ 6. — Machines à fabriquer les moulures.

Les machines à raboter, dans lesquelles l'avancement du bois s'obtient, soit à l'aide d'une table mobile, soit à l'aide de cylindres, peuvent servir à la fabrication des moulures droites, en remplaçant les outils à tranchant rectiligne par des outils ayant la forme du profil qu'on désire obtenir. Lorsque la moulure a une très-grande largeur, on fractionne l'outil en plusieurs parties qu'on fixe sur les faces du porte-outils. On utilise mieux la puissance motrice et la réparation est moins coûteuse, lorsqu'un accident se produit. Il arrive quelquefois que l'on est appelé à fabriquer des moulures ayant une grande saillie ; dans ce cas, les lames d'une épaisseur toujours assez faible peuvent fléchir et pratiquer des irrégularités sur la surface du bois. Pour s'opposer à cette déformation, MM. Robinson et fils, de Rochdale, ont imaginé d'incliner l'arbre porte-outils. De cette manière, les lames se trouvent parfaitement appuyées, parce que la saillie est à peu près la même en tous les points.

La machine la plus simple qu'on puisse imaginer pour la fabrication des moulures droites est une espèce de banc à tirer, formé d'une longrine faisant corps avec une crémaillère, et d'un porte-outils dont on règle la hauteur à volonté. Le bois qu'on veut transformer en moulures se pose sur la longrine et passe sous le fer fixé dans le porte-outils. Le mouvement peut être donné à la main ou à l'aide d'un moteur mécanique.

Il arrive fréquemment dans l'industrie que l'on doit pratiquer des moulures cintrées, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de certaines pièces. On se sert pour cet usage d'une machine

qu'on nomme *toupie*. Elle se compose d'une table carrée en fonte, reposant sur quatre pieds également en fonte et recevant à son centre un arbre vertical auquel on imprime un mouvement de rotation très-rapide. C'est à l'extrémité supérieure de cet arbre que se monte l'outil, découpé suivant le contour que l'on veut reproduire sur le bois. Cette machine peut parfaitement servir à obtenir des moulures droites ; il suffit, pour cela, de fixer sur la table un guide-plan contre lequel on applique l'objet qui doit recevoir la moulure. Le remplacement de la lame plate par un couteau circulaire améliore sensiblement cette machine, qui rend tant de services dans les ateliers qui s'en servent. Ce couteau, dû à M. Guilliet, d'Auxerre (Yonne), est formé d'une rondelle d'acier emboutie, trempée, tournée suivant le profil dont on a besoin et fendue en divers points dans des directions obliques sur le rayon. Pour pouvoir couper le bois, on dégage à la lime une partie de l'intervalle compris entre deux découpures. On ravive les tranchants avec une meule qu'on introduit dans les fentes, sans modifier les contours de l'outil.

L'outil tournant, au lieu d'être au sommet d'un arbre vertical, peut se placer à l'une des extrémités d'un arbre horizontal. La pièce à travailler repose, dans ce cas, sur un galet dont on peut faire varier la hauteur avec un petit volant à main. Cette disposition particulière de l'outil permet de faire, non-seulement des moulures droites, mais des moulures à double courbure. On voit une machine de ce genre dans l'exposition américaine.

MM. Worssamm et C^ie^, de Londres, ont exposé une machine avec laquelle on peut aussi fabriquer des moulures à double courbure. Dans cette machine, l'outil est monté à l'extrémité inférieure d'un arbre vertical. Dans les toupies, la vitesse de rotation de l'outil est très-grande : elle est d'environ 4,500 tours par minute.

Digitized by Google

§ 7. — Machines à faire les tenons et les mortaises.

Les tenons peuvent s'obtenir de trois manières bien distinctes : avec des fers plats, des disques cylindriques, ou des lames de scies circulaires. Quand on fait usage de lames plates, elles se montent sur des porte-outils horizontaux ou verticaux. La première disposition est surtout celle que l'on suit dans la fabrication des tenons multiples. On installe sur un arbre horizontal autant de bagues mobiles que l'on veut avoir d'entailles, et on applique une lame sur chacune des bagues. Après avoir solidement fixé l'extrémité de la pièce sur laquelle on se propose de façonner des tenons, on donne un mouvement de rotation rapide au porte-outils, en le faisant descendre lentement. Lorsque le tenon est simple, on pourra employer la même machine, mais on préfère souvent se servir de deux porte-outils montés sur des arbres horizontaux, en laissant entre eux un intervalle égal à l'épaisseur du tenon.

Les disques circulaires servent aussi à la confection des tenons simples. Chacun d'eux est formé d'un plateau circulaire à bord relevé, à la façon d'un couvercle de boîte. L'extérieur de l'outil présente un grand nombre de fentes qui ne sont pas dirigées vers l'axe. Les disques, dont on règle la distance suivant l'épaisseur du tenon, sont fixés sur un arbre vertical. C'est également dans le cas d'un seul tenon qu'on peut faire usage de scies circulaires. Sur un arbre vertical, on monte deux lames écartées précisément de l'épaisseur du tenon, et sur deux arbres horizontaux, on fixe deux lames situées dans le même plan, en laissant entre elles un écartement encore égal à l'épaisseur du tenon. Dans les trois dispositions que nous venons d'esquisser, on pratique le tenon en donnant un mouvement de rotation très-rapide aux arbres qui portent les outils et un mouvement de translation au bois. Le nombre de tours des porte-outils est d'environ 1,800 par minute. Les mortaises s'exécutent, soit au moyen du bédane, soit au moyen d'une mèche.

Lorsqu'on se sert du bédane, l'outil se meut horizontalement ou verticalement; quelle que soit la position de l'outil, son mode d'action est toujours le même. On commence par percer, vers le milieu de la longueur de la mortaise, un trou de même profondeur qu'elle, ayant pour diamètre la largeur de l'ouverture qu'on veut pratiquer; puis on fait agir le bédane, en lui donnant un mouvement alternatif de va-et-vient pendant que le bois s'avance lentement; enfin, on fait décrire une demi-circonférence au bédane, et on achève la mortaise en donnant au bois un mouvement en sens inverse. L'ensemble de l'appareil ressemble aux machines à mortaiser les métaux. De même que pour ces derniers, la pièce à travailler repose sur un plateau circulaire possédant trois mouvements, dont deux à angle droit et un de rotation. Pour obtenir des mortaises à angle droit, il est quelquefois convenable que le porte-outils ne puisse tourner que d'un quart de tour : dans chaque position il est maintenu par un ressort. On s'oppose au soulèvement du bois, pendant le retour à vide de l'outil, au moyen d'arrêt qu'on fixe à la hauteur convenable; cette précaution, qui est une amélioration récente, se rencontre sur un grand nombre de machines à mortaises. Un autre perfectionnement, qui a aussi son importance en ce qu'il économise du temps, c'est d'appliquer la perceuse sur le bâti principal de l'appareil.

Lorsque le mortaisage est double, on fait usage de la disposition précédente, mais quand la mortaise est simple, on préfère employer les mèches, qu'on place presque toujours dans une position horizontale, de façon à simplifier le mécanisme. Dans ce cas, la mèche a un mouvement de rotation très-rapide et un avancement très-lent dans le sens de son axe, pendant que le bois à un mouvement transversal suivant la longueur de la mortaise. En opérant comme nous venons de l'indiquer, chaque extrémité de la mortaise à une forme demi-cylindrique. On est obligé de faire l'équarrissage au moyen d'un outil spécial monté sur la machine et qu'on manœuvre généralement

Digitized by Google

à la main. La mèche peut présenter la forme hélicoïdale et être disposée de manière à couper en bout et latéralement. Avec cet outil on pénètre immédiatement dans le bois à la profondeur voulue, et il suffit, pour obtenir la mortaise, de faire marcher la pièce dans une direction transversale.

Les mèches tournent avec une vitesse d'environ 2,500 tours par minute.

L'exposition anglaise de cette année nous montre un grand nombre de machines à mortaiser le bois, mais à la main. Ces machines sont utilisées avantageusement en Angleterre, où l'on travaille beaucoup le bois de sapin de premier choix, c'est-à-dire sans nœuds. Ces mêmes machines, qu'on a cherché à introduire en France, n'y ont pas été appréciées à cause du peu de besogne qu'elles produisent, même avec le bois de sapin, et de l'impossibilité où l'on est de s'en servir quand on fait usage de bois durs.

§ 8. — Machines diverses.

La machine que nous placerons en tête des appareils divers employés pour le travail des bois est le menuisier universel, à cause des services qu'il rend principalement dans les petits ateliers. Il a beaucoup de ressemblance avec la scierie circulaire : il est, comme elle, composé d'une table et d'une lame de scie fixée sur un arbre horizontal ; seulement l'arbre, au lieu d'être invariable, peut monter et descendre. L'extrémité opposée à la scie est arrangée de manière à recevoir divers outils de rechange, tels que mèche, couteau à moulures, plateau avec gouges et ciseaux. Du même côté, contre la face verticale du bâti, se trouve appliqué un chariot garni d'un mouvement transversal. Sur la table, il y a un guide parallèle à la lame de scie qui peut s'incliner sur le plan horizontal, et un autre guide transversal mobile pouvant faire un angle variable avec l'axe de l'arbre. Avec une semblable machine, appelée à juste titre menuisier universel, il est possible

de scier suivant des faces parallèles ou obliques, de couper en travers, d'équerre ou obliquement, d'opérer des feuillures, de faire des languettes et des rainures (dans ce dernier cas on monte une lame de scie ayant une épaisseur égale à la largeur de la feuillure), de découper des tenons, des dents d'engrenage et des queues-d'aronde, de percer, de raboter, de faire des moulures et de pratiquer des mortaises simples ou doubles.

D'autres machines d'une utilité moins générale, mais très-intéressantes et surtout complétement nouvelles, sont celles qui permettent de faire des assemblages à queue-d'aronde. L'Exposition offre trois dispositions tout à fait distinctes, qui conduisent au même résultat.

En prenant l'ordre du catalogue, nous avons d'abord la machine envoyée par M. Zimmermann, de Chemnitz (Prusse). Elle est composée de trois outils en forme de trapèze coupant sur trois faces, et placés parallèlement sur des chariots dont on peut varier l'écartement. En donnant un mouvement de rotation aux outils et en avançant ensuite le bois, on obtient autant d'entailles qu'on le désire. Les vides, dans lesquels se logent les saillies, sont exécutés avec des outils rectangulaires agissant sur la planche, qu'on incline tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

Dans la machine de M. Ganz, de Bude, à l'exposition autrichienne, les outils, composés de ciseaux, sont fixés sur deux arbres, faisant entre eux un angle obtus assez considérable, auxquels on donne à la fois un mouvement de rotation très-rapide et un mouvement de montée et de descente. Les planches dont on veut entailler les extrémités sont placées, les unes horizontalement, celles qui portent les queues-d'aronde, et les autres verticalement. Pendant que les porte-outils se relèvent, le chariot porte-planches s'avance d'une quantité égale à la distance comprise entre deux queues-d'aronde. Ce qu'il y a surtout de remarquable dans cette machine, c'est de pratiquer par une même opération les queues et les évidements correspondants. Il est seulement fâcheux

Digitized by Google

qu'une machine dont les dispositions mécaniques sont si bien entendues soit aussi compliquée.

La dernière machine à faire les caisses est de M. Armstrong, des Etats-Unis. Elle est composée de deux lames circulaires excentrées, dentées sur une partie de la circonférence, avec rebord à angle droit, de largeur variable, denté et faisant entre elles un certain angle. Une fois l'appareil en mouvement, chaque lame découpe une face, et le rebord enlève un peu plus de la moitié de l'intervalle compris entre deux queues. Comme dans la machine précédente, le bois est conduit automatiquement par une vis d'un pas convenable, avec cette différence que dans cette machine la planche s'avance d'une manière continue, tandis que dans l'appareil autrichien elle est immobile pendant le travail des ciseaux. L'extrémité, qui reçoit les queues, s'obtient en remplaçant les premières lames par d'autres à rebords plus saillants, en leur faisant faire un angle avec le plan de la planche.

Pour terminer ce qui est relatif aux machines diverses, il ne nous reste qu'à dire quelques mots des machines à sculpter, avec un outil tournant adapté au bas d'un arbre vertical ayant en outre un mouvement de montée et de descente. On rencontre dans l'exposition française une machine présentée par M. Vanloo, de Paris, dans laquelle on conduit l'outil par des camés réglant l'enlèvement du bois, les unes dans le plan vertical et les autres dans le plan horizontal. Le plateau qui reçoit la pièce peut tourner et être conduit dans deux directions à angles droits. Cette machine a, comme on le voit, la plus grande analogie avec celle imaginée il y a déjà longtemps par M. Grimpé. Nous pourrions en dire autant d'une machine à faire les rais de roues qu'on remarque dans l'exposition française.

En résumé, ce que nous avons indiqué sur l'état actuel des machines à travailler le bois nous montre que les scies à une seule lame sont peu employées ; qu'elles sont presque toutes à plusieurs lames et à action directe, et que les scieries à lame sans fin prennent un grand développement. Dans les machines

qui effectuent un tout autre travail que le sciage, on ne fait presque jamais usage du rabot, on se sert peu du ciseau opérant dans une direction rectiligne, on emploie plutôt le ciseau tournant autour d'un axe; mais on tend à substituer à ce dernier un outil en forme de fraise, auquel on imprime un mouvement de rotation très-rapide.

Bien que les machines nouvelles soient rares et n'aient qu'une importance secondaire, les modifications apportées aux machines existantes sont assez nombreuses pour attester que l'industrie de la construction des machines à travailler le bois est en voie de réaliser bien des progrès.

SECTION III

MACHINES SERVANT AU TRAVAIL DES MATIÈRES ARGILEUSES

PAR M. TRESCA.

Les machines appropriées au travail des matières argileuses ayant été comprises dans la classe 54, nous en dirons quelques mots, bien qu'elles ne soient pas, à proprement parler, des machines-outils dans le sens attribué dans l'industrie à cette dénomination.

Les modifications survenues depuis l'Exposition de 1862 dans ce genre de machines sont en général des modifications de détail. Cependant on y peut signaler deux tendances bien manifestes : l'une vers l'emploi simultané d'une série d'appareils combinés de manière que la matière soit déversée de l'un à l'autre, sans l'intervention de l'ouvrier; l'autre, vers l'emploi de la matière première dans un état hygrométrique voisin de celui qu'elle avait dans le sol, procédé qui constitue la méthode de fabrication désignée sous le nom de briques sèches. Ces deux tendances sont réunies dans l'installation importante de M. Gregg, de Philadelphie, qui n'a pas craint de faire fonctionner une véritable usine, d'une manière continue, dans le voisinage de l'Exposition. La matière est poussée dans une claie, puis écrasée, et remonte dans une trémie qui s'ouvre alternativement dans deux directions opposées, de manière à laisser successivement tomber la matière pulvérisée dans des moules, où elle reçoit une compression énergique qui lui donne sa forme définitive avant qu'elle ne soit

présentée, brique par brique, aux ouvriers occupés à la porter aussitôt dans un four en chargement. Toutes les parties de la machine sont parfaitement entendues, et le produit, après sa cuisson, paraît fort homogène, fort compacte et fort résistant.

M. David, M. Allemand et M. Durand, en France, cherchent à obtenir le même résultat, en alimentant à la pelle les moules, dans lesquels la compression doit s'effectuer par autant de pressions qu'il y a de moules.

La machine de M. David rappelle beaucoup les dispositions circulaires des machines à agglomérés; elle fonctionne très-bien et fournit de très-beaux produits. Celle de M. Allemand opère en ligne droite dans des chariots qui, après la compression, servent facilement au transport des briques à distance. Elle offre, en outre, l'avantage de limiter la pression à un degré toujours le même pour toutes les briques. Celle de M. Durand, enfin, emploie un piston unique, disposé de manière à donner au dernier moment, et par le fait même des organes de transmission, une dernière compression très-énergique.

Ce dernier appareil paraît très-convenable pour la fabrication, avec un léger mélange de chaux, des briquettes de minerais de fer que l'on doit conduire à grandes distances par bateau, c'est-à-dire avec un arrimage peu encombrant jusqu'au haut fourneau.

Ces différents modes de fabrication à sec peuvent-ils fournir des produits comparables, sous le rapport de la qualité, avec ceux que l'on obtient par le triturage des terres et le moulage à l'état pâteux? Il semblerait tout d'abord que cette dernière fabrication soit la meilleure, et pour certaines terres cependant les briques fabriquées à sec rachètent par leur dureté et par leur résistance ce qu'elles peuvent laisser à désirer sous le rapport de l'homogénéité.

Le moulage à l'état humide n'exige pas autant de pression; la dessiccation s'opère plus lentement; mais le rebattage, opéré au moment convenable, donne à la brique une forme parfai-

Digitized by Google

tement régulière qui se conserve pendant et après la cuisson. Cette fabrication permet d'ailleurs d'obtenir une épuration complète de la matière et son mélange parfait. Sous ce rapport, le travail à l'état pâteux nous paraît convenir mieux à la généralité des cas.

Les machines préparatoires sont alors des malaxeurs qui sont maintenant disposé de manière à dégager toutes les pierres, à pétrir la terre suffisamment mouillée, et à rendre la pâte parfaitement homogène. Les malaxeurs de M. Schlosser, de Paris, fondés sur l'emploi d'une hélice tournant dans la pâte, sont d'une efficacité complète.

Quand la terre est bien malaxée, le procédé le plus pratique consiste à la pousser dans une ou plusieurs filières qui la débitent chacune en bande continue, dont la section est celle de l'orifice, et dans laquelle on coupe, à la longueur convenable, chaque brique ou chaque bout de tuyau, voire même chaque tuile, lorsqu'on prend les dispositions nécessaires pour employer à la fabrication de cet article le même procédé.

La pression est déterminée par des cylindres ou un piston, et l'on remarque particulièrement chez M. Whitehead, chez M. Clayton, chez M. Hertel et chez M. Cazenave, des dispositions ingénieuses et nouvelles, soit pour couper le boudin bien perpendiculairement pendant la marche, soit pour façonner les extrémités de chaque bout.

M. Borie, qui a, le premier, constitué une grande fabrication de briques creuses, d'un emploi si général aujourd'hui, a complété sa machine par une disposition qui rejette les pierres et par l'addition d'une filière horizontale, qui lui permet d'obtenir des poteries creuses pour la construction des cheminées dans les murs, et même des tubes quadrangulaires qui n'ont pas moins de 0m60 de côté, sur une longueur de 0m80. Ces tronçons, placés les uns au-dessus des autres, forment facilement une cheminée d'usine, très-convenable au moins dans une installation provisoire.

Les tuiles se fabriquent aussi par compression, et les pro-

cédés de M. Boulet et de M. Schmerber remplissent parfaitement toutes les conditions désirables. Chez l'un comme chez l'autre de ces constructeurs, la galette est d'abord préparée pour être comprimée ensuite, soit dans un moule fixe, à couvercle mobile, soit, comme chez M. Schmerber, dans un moule mobile qui s'applique sur un tambour polygonal, qui l'entraîne, la comprime et la fait ensuite tourner avec son moule, jusqu'à ce qu'elle se présente sous une inclinaison suffisante pour qu'elle puisse être reçue sur une planche avec laquelle on la porte au séchoir. Les moules en fonte garnie de plâtre graissé paraissent très-bien fonctionner, et l'ensemble de la machine mérite l'intérêt des hommes compétents.

Nous ajouterons, en terminant, que si le domaine des machines à briques tend à s'agrandir par la préparation des briquettes de diverses natures, il ne paraît pas cependant qu'elles puissent donner des résultats plus avantageux que le travail à la main pour les briques ordinaires, employées telles qu'elles sont dans la plupart des constructions, et qui ne doivent être ni profilées, ni creuses.

Digitized by Google

CLASSE 55

Matériel et procédés de la filature, par M. ALCAN, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre des Jurys internationaux de 1855 et 1862, et M. Édouard SIMON, ingénieur du syndicat des classes 55 et 56.

Digitized by Google

CLASSE 55

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA FILATURE

PAR MM. MICHEL ALCAN ET ÉDOUARD SIMON.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Les classes 55 et 56 comprennent les moyens mécaniques destinés à la transformation des substances filamenteuses brutes en produits, dont l'ensemble ne constitue pas moins de neuf classes dans les groupes III et IV. Le matériel considérable nécessité par un aussi grand nombre de spécialités peut se subdiviser lui-même en deux sections principales : la première renferme tous les outils réservés aux préparations qui accompagnent ou suivent immédiatement la récolte de la matière première ; tels sont les appareils à égousser et égrainer le coton, à rouir, broyer, tiller et espader le chanvre et le lin ; à épurer, laver et sécher les laines ; l'outillage complet des magnaneries ; les machines à effilocher les déchets divers et à désagréger les matières fibreuses recouvertes d'enveloppes résistantes, etc. ; la seconde section réunit les transformations ultérieures, depuis le cardage des nappes de ouate, le foulage des feutres, le câblage des amarres les plus puissantes jusqu'au retordage des fils les plus fins ; depuis la fabrication des grosses toiles de chanvre et de lin, jusqu'au tissage du taffetas et des façonnés et à la confection des étoffes à mailles. L'étendue des progrès industriels réalisés depuis la substitution des organes mécaniques aux moyens primitifs encore en usage chez les peuples

Digitized by Google

de l'Orient, en rend chaque jour la constatation plus difficile ; puis, à mesure que le mouvement ascensionnel se généralise, les grandes étapes sont plus rares ; l'industrie avance, mais pas à pas ; cependant elle est encore loin d'avoir résolu l'ensemble des problèmes qui surgissent devant elle, et l'étude de sa marche devient minutieuse.

On file et on tisse aujourd'hui comme il y a vingt ans et plus ; néanmoins, le niveau général de la qualité des produits est incontestablement plus élevé ; les prix de vente se sont abaissés, pendant que les salaires se sont accrus dans une proportion marquée. Ces résultats, rendus plus évidents par l'Exposition de 1867, sont dus, à part quelques exceptions sur lesquelles nous insisterons, à la diffusion des progrès plutôt qu'à l'originalité des moyens.

Cependant, quelques industries ne figurent que par leurs produits et n'ont point exposé les procédés intéressants qui les caractérisent. Tels sont les feutres, les broderies, les dentelles, les étoffes pour ameublement et les tapis, ceux-ci représentés seulement par un métier à tisser les moquettes, dans la section belge ; les améliorations réalisées dans ces spécialités sont largement démontrées dans les vitrines de la France et des autres pays, notamment de la Suisse et de l'Angleterre ; il est regrettable que l'absence du matériel approprié à des travaux si longtemps réservés, pour la plupart, à des femmes ne nous en permette pas l'étude.

Cette relation intime entre les résultats et les appareils qui les fournissent nous a naturellement amenés à désirer, pour les Expositions ultérieures, la constitution de groupes où les jurés, appelés à statuer sur la valeur des moyens et des produits d'un même ordre, seraient réunis de façon à s'éclairer mutuellement, au profit des industries dont ils représenteraient les intérêts. Les hommes de science trouveraient chez les praticiens des données propres à les mettre en garde contre certaines idées mécaniques, plus séduisantes en apparence que réellement avantageuses ; l'attention des praticiens serait

Digitized by Google

éveillée par la curiosité de collègues toujours à la recherche de moyens dont la nouveauté constitue souvent le principal obstacle à l'adoption. Il en résulterait, si nous ne nous trompons, une garantie de plus pour la répartition générale des récompenses entre les diverses classes. L'examen des industries fondamentales des classes 55 et 56, qui présentent un ensemble imposant dans la galerie des Machines, démontrera peut-être, en nous obligeant parfois à des empiétements inévitables, l'opportunité de cette classification.

Les principes qui servent de base au traitement des matières fibreuses permettent de ramener à sept grandes catégories les nombreuses ramifications de la classe 55 : 1° filature du coton, 2° du chanvre, du lin et du jute, 3° des laines longues et autres fibres animales de dimensions analogues, 4° des laines et autres fibres animales courtes, 5° de la soie, 6° des déchets de soie, 7° l'ensemble des moyens manuels et mécaniques de la corderie : quatorze *assortiments* différents concourent au même résultat final, la formation du fil. Mais chacun d'eux a son caractère propre. Dans le *coton*, deux catégories distinctes de machines : l'une, destinée à la préparation des filaments courts et basée sur le cardage, donne des fils des nos 50-60 ; l'autre, réservée aux fils plus fins, doit toute sa perfection au peignage. Le *lin* et le *jute* peignés peuvent être transformés sur le même assortiment. Le *chanvre* exige des modifications telles de force et de volume, dans les organes des machines, que cet outillage forme un assortiment distinct ; les déchets du lin, du jute et du chanvre, ou *étoupes*, sont travaillés sur les mêmes appareils. Dans l'industrie de la *laine*, deux systèmes principaux sont en usage : la carde et le peigne ; la carde pour tous les brins courts et vrillés, le peigne pour les filaments longs et lisses ; le peignage étant *subdivisé* lui-même en deux assortiments, suivant les dimensions de la fibre élémentaire. La laine mérinos et la laine anglaise ne sauraient se traiter par les mêmes organes. La *soie* présente l'outillage le plus simple et le plus original, car le rôle du filateur

devient tout autre ici que dans les industries précédentes ; la matière soyeuse livrée à l'état de fil par cette machine vivante, dont la merveilleuse délicatesse cause tant de soucis au magnanier, doit être seulement dévidée et *moulinée*, c'est-à-dire retordue suivant certaines règles spéciales.

Le travail des divers déchets de soie exige, au contraire, un ensemble de machines comparable aux assortiments des autres matières textiles. Certains de ces déchets, désignés sous le nom de *frisons* et provenant du dévidage des cocons, doivent subir un dégommage préalable. Les autres, dus aux opérations ultérieures de la filature et même du tissage, peuvent être transformés directement ; des différences, sensibles à la plus simple inspection, dans les caractères physiques de ces déchets, nécessitent deux séries de machines. A ces divisions fondamentales s'ajoutent des outillages dont la composition est tronquée ou modifiée en raison de certains produits particuliers ; tels sont les assortiments spéciaux à la production des feutres de laine, des fils cardés-peignés, des fils feutrés, etc. La corderie, dont le bagage mécanique est encore restreint, présente cependant quelques machines intéressantes qui viennent clore l'ensemble du matériel de la classe 55 ; l'examen des pièces détachées pour filature et des garnitures de cardes complète naturellement l'étude des assortiments auxquels elles sont destinées.

Cette classification générale conduit tout d'abord à l'étude du *matériel utilisé dans le travail du coton*.

CHAPITRE I.

FILATURE DU COTON.

---

§ 1. — Appareils destinés au traitement de la matière brute.

Égoussage.—La récolte du coton se fait de diverses manières, suivant les contrées. Dans les unes, comme aux États-Unis, en

Égypte, en Algérie, le fruit mûrit généralement assez pour se fendre et s'ouvrir au moment de la cueillette ; il suffit, dans ce cas, d'enlever à la main les houppes de duvet, en laissant sur l'arbre la gousse. Dans d'autres pays, et notamment dans l'Asie-Mineure, le Levant et l'Inde, les gousses ne s'ouvrent pas ou s'ouvrent peu ; on coupe les fruits, on les emmagasine, puis on les fait égousser à la main. Ce travail est lent et coûteux, quel que soit le bas prix de la main-d'œuvre ; le déchet est considérable, et la lenteur de l'opération est souvent une entrave aux transactions commerciales. Cet état de choses avait frappé les hommes compétents de l'Angleterre, qui se sont vainement livrés à la recherche de moyens mécaniques propres à remplacer avantageusement la main. La difficulté du problème consistait dans la nécessité de briser l'enveloppe dure de la gousse et de la séparer du coton, sans mélanger les débris de cette gousse aux fibres. Celles-ci devaient être, au contraire, livrées à l'égraineuse dans un état d'ouvraison et d'épuration propre à faciliter le travail. La machine devait être simple, rustique et travailler économiquement. Le problème a été résolu conformément à ces données par la machine qui fonctionne dans la section française, et qui vient d'être introduite à Tarsous, en Caramanie. L'appareil égousseur est formé de deux organes principaux mus par la même transmission : l'un remplit les fonctions d'un casse-noix, et l'autre d'une ouvreuse à coton. Cette machine, dont la force est d'un demi-cheval, est conduite facilement par une ouvrière et donne, au minimum, une production égale au travail de vingt femmes égoussant à la main (1). Si cette invention est comprise et se vulgarise, elle peut offrir de grands avantages, non-seule-

(1) La machine à égousser de l'invention de l'un des rédacteurs de ce rapport, membre du Jury, M. Alcan, n'a pu participer au concours international, par suite de la qualité de son auteur. Nous devons faire remarquer qu'il s'est glissé une erreur dans le rapport du Jury sur l'Exposition de 1862, tome II, page 486, à l'article concernant les machines à égrainer. Il y est question d'appareils à séparer les cosses des fibres; il s'agissait non des cosses, mais des graines.

ment aux pays cotonniers en concurrence avec l'Amérique, mais aux ports comme Marseille, où il a été constaté que l'augmentation de poids résultant de la présence des gousses et des graines dans le coton brut n'est pas un obstacle au transport de cette matière. L'accroissement de poids se trouve largement compensé par le moindre volume des cotons non égrainés.

Égraineuses. — Trois systèmes d'égraineuses sont en présence à l'Exposition de 1867 : les États-Unis ont envoyé plusieurs modèles du *saw-gin*, généralement appliqué aux cotons courants courte soie. Ces machines ne sont d'ailleurs remarquables que par l'élégance de leur construction ; le principe est toujours celui de l'invention primitive d'Elie Whitney, qui n'a pas été la moins importante des causes du développement de la culture du coton en Amérique. Les constructeurs anglais continuent à répandre plus spécialement le système *Mac Carthy*. L'égraineuse de ce nom avait été réservée jusqu'ici aux cotons à fibres longues; mais la maison Platt a cherché, par des modifications de détail, à la rendre également propre au traitement des filaments courts. Des perfectionnements dans l'exécution des organes permettent d'arriver à un accroissement de vitesse et à une augmentation proportionnelle dans le rendement, en même temps qu'à une économie considérable de main-d'œuvre. Grâce à une alimentation automatique, une seule ouvrière conduit quatre Mac Carthy. Le troisième système, qui semble naturellement destiné aux cotons de nos colonies et surtout de l'Algérie, convient aux longues soies. Il est caractérisé par un cylindre égraineur cannelé suivant des spires obliques dirigées en deux sens opposés. Ce mode de construction, poursuivi par des inventeurs français, s'oppose à la réalisation d'organes de grande dimension, et paraît devoir limiter l'emploi de ces égraineuses aux petites exploitations.

Digitized by Google

§ 2. — Matériel de la filature.

La filature du coton ne montre pas de machines bien originales, à l'égard des principes fondamentaux de la construction, mais elle présente certaines combinaisons spéciales et des appropriations qui marqueront un nouveau progrès, si les résultats répondent aux espérances. Nous voulons parler des peigneuses pour les cotons à filaments courts et des divers systèmes de métiers continus à filer. La solution du problème du peignage automatique des cotons longue soie par une des machines les plus ingénieuses de notre époque a réalisé un progrès aussi important qu'inattendu. Les produits peignés acquièrent une perfection et une valeur auxquelles n'atteignent pas les préparations de la carde. Il serait donc désirable que le travail irrationnel du cardage pût être toujours remplacé par le peignage. Aussi avons-nous constaté avec une vive satisfaction que les deux maisons de construction les plus importantes de l'Angleterre et de la France, Platt frères et Cie et Schlumberger et Cie, en exposant des machines à peigner le coton pour tous les numéros, semblent vouloir entrer résolument dans cette voie. Bien que la peigneuse anglaise, originaire d'Amérique, et la machine d'Alsace diffèrent entre elles, toutes deux rappellent par leurs dispositions essentielles le principe de l'invention de notre compatriote Heilmann.

Nous retrouvons dans ces appareils le moyen fécond du fractionnement de la mèche de préparation pour arriver au peignage successif de chaque extrémité avant de reconstituer cette mèche en un ruban continu. Les résultats déjà obtenus doivent engager l'industrie à adopter le peignage dans un plus grand nombre de cas qu'elle ne l'a fait jusqu'ici, afin d'accroître encore l'échelle des produits fins. Les constructeurs ont compris, d'ailleurs, que la qualité du fil dépend au moins autant de la préparation fournie au métier à filer que de la perfection de ce métier lui-même ; les soins apportés dans l'établissement

Digitized by Google

de toutes les machines préparatoires sont la meilleure preuve de cette préoccupation.

Progrès de détails réalisés dans les machines préparatoires. — Les opérations qui précèdent le filage proprement dit ont pour but d'ouvrir, de battre, de carder ou de peigner, quelquefois de carder et de peigner, d'étirer d'abord sans torsion, puis avec torsion, les filaments successivement transformés en rouleaux, en nappes, en rubans de plus en plus fins. Chacune de ces préparations a lieu progressivement sur un certain nombre de machines du même genre, de façon à graduer l'action des appareils dans un ordre méthodique qui permette de tirer le plus grand parti possible de la matière, sans détruire l'élasticité et les dimensions primitives des fibres. Un progrès des plus réels quoique des moins palpables, si ce n'est à l'inspection des produits, consiste dans la fixation du nombre des machines et dans le réglage de leurs organes en raison des caractères de la matière à traiter et du fil à obtenir. Le praticien compétent modifie, suivant l'occasion, l'assortiment dont il dispose. Dans certains cas, il fait subir au coton une désagrégation énergique par un passage à l'ouvreuse et deux ou même trois battages successifs, pour ne carder ensuite qu'une seule fois ; dans d'autres, le nombre des battages est diminué et le nombre des cardages accru ; dans d'autres encore, le battage et le cardage sont complétement remplacés par des démêlages et des peignages. Puis les préparations ultérieures sur les bancs à broches et les étirages se multiplient suivant le numéro du fil à produire. Ce progrès technique des connaissances industrielles, dû surtout à la vulgarisation des données théoriques, méritait d'être signalé, parce qu'il réagit chaque jour sur la composition du matériel, et qu'il est devenu la cause de toutes les améliorations rationnelles à indiquer.

Les organes alimentaires qui doivent fournir la matière brute aux premières machines ont subi diverses modifications dont le but est de régler la livraison et d'uniformiser le travail, de

Digitized by Google

façon à transformer, dans l'unité de temps, la même quantité proportionnelle de coton. La ventilation établie pour débarrasser les fibres, aussi complétement que possible, de la poussière et des impuretés qu'elles contiennent, ne cause aucun préjudice à l'hygiène des ateliers. Le réglage des machines permet d'en faire varier certaines parties suivant la nature des filaments et leur état de pureté. Des compteurs arrêtent spontanément le travail, lorsqu'une longueur déterminée de nappe a été produite, afin de posséder une base constante dès le début du travail. Des appareils alimentaires, des cardes ont été l'objet de soins tout particuliers. Les deux cylindres antérieurement employés sont fréquemment remplacés par un cylindre unique, recouvert, à la partie supérieure, d'une sorte d'auge ou chapeau concave ; les fibres entraînées entre ces deux circonférences concentriques se trouvent livrées aussi près que possible de la garniture du gros tambour. L'importance de cette condition est reconnue dans le travail des cotons courts, qui, autrement, échappés de l'appareil d'alimentation avant d'être livrés à la carde, tombent ou s'enroulent autour des cylindres, de façon à causer les coupures désignées sous le nom de *barbes*, ou, tout au moins, sont enlevés par la denture sans direction régulière. Nous devons à la mémoire d'un des hommes qui ont le plus contribué aux perfectionnements de la filature du coton, M. Bodmer père, de reconnaître qu'il avait proposé, il y a plus de trente ans, diverses dispositions d'alimentation basées sur le mouvement de rotation d'un cylindre dans une auge. L'adoption récente de ce principe, provoquée par l'emploi de nouveaux cotons à fibres très-courtes, n'en constitue pas moins un progrès.

Les divers systèmes de débourrage automatique du gros tambour, des hérissons et des chapeaux, dont les avantages étaient encore plus ou moins discutés en 1862, sont généralement adoptés au grand profit de la pureté des préparations, du bon entretien des cardes et de la santé du personnel. Ce résultat n'a pu être atteint sans de nombreux perfectionnements

qui assurent au fonctionnement de ces débourrages une justesse mathématique. Les peignes détacheurs, à mouvement de va-et-vient alternatif, qui causaient le seul bruit désagréable de la carde, ne donnent plus lieu à cet inconvénient, bien que la vitesse de ces appareils ait été douée d'une nouvelle accélération.

Les bancs d'étirage, si parfaitement adaptés à leurs fonctions et si peu susceptibles de perfectionnements importants, présentent cependant aussi quelques modifications heureuses. La mèche de préparation, en passant toujours sur les mêmes points des cannelés, formait une sorte de sillon qui déterminait une usure rapide. On imprime aujourd'hui à la préparation un mouvement lent de va-et-vient qui l'amène successivement sur toute la longueur du cannelé et en prolonge la durée. L'enlèvement des poids ou pressions appliqués sur les rouleaux de l'étirage rendait souvent le service de la machine pénible et lent pour l'ouvrière chargée de la surveiller : une manivelle établie à la partie antérieure permet, à l'aide d'une transmission des plus simples, de soulever, sans effort et simultanément, un certain nombre de poids successifs. Nous ne parlons pas de la modification qui consiste à substituer six paires de cylindres aux quatre en usage ; cette disposition n'offre rien de bien important, au point de vue de l'originalité ; l'accroissement de régularité qui devait en résulter, au dire du constructeur, n'est nullement démontré.

Les bancs à broches, sans avoir subi des transformations fondamentales, sont encore l'objet de divers perfectionnements. Outre les améliorations signalées sur la machine précédente, nous voyons les broches et les ailettes plus solidement construites et combinées de façon à supprimer les vibrations qui causaient de fréquentes ruptures et limitaient la vitesse et la production. Des mécanismes débrayeurs spéciaux arrêtent plus rapidement l'appareil ; une disposition particulière du chapeau permet de découvrir simultanément, au moyen d'une manivelle, le pied d'une même série de broches pour effectuer

Digitized by Google

le graissage, et de recouvrir hermétiquement les crapaudines; les cylindres de pression sont nettoyés à l'aide de petites toiles sans fin, ramenées constamment sur les rouleaux par la pesanteur de l'un des axes en fer autour duquel elles se meuvent, et entraînés dans le sens de ce mouvement par les cylindres eux-mêmes, de façon à présenter toujours une nouvelle surface exempte de duvet. La maison Schlumberger expose un banc à broches où les cônes sont remplacés par des plateaux de friction, afin d'obtenir des points de contact plus exacts et mieux définis; la commande du chariot est, en outre, séparée de la commande de l'envidage; deux plateaux disposés dans des plans symétriques correspondent à ces deux fonctions distinctes de l'appareil. Une maison anglaise a également cherché à remplacer les cônes par de doubles disques en fonte entre lesquels un plateau de friction peut glisser dans le sens vertical, pour recevoir des vitesses variables. Toutefois, la précision et la complication de ces machines donnent à la broche une valeur quatre ou cinq fois plus grande que dans le métier à filer le plus complet, et l'on a été naturellement tenté de les remplacer par des appareils plus simples. L'industrie normande emploie parfois, pour la production des bas numéros, le *rota-frotteur*, où le frottement remplace la torsion, et dont une exposition rouennaise offre le spécimen. Cette machine ne s'est pas propagée, malgré son prix relativement peu élevé, en raison de l'imperfection des résultats. Quelques constructeurs cherchent, en ce moment, à faire disparaître les causes de cette infériorité.

§ 3. — Métiers à filer.

Jamais les métiers à filer n'avaient présenté une aussi grande somme d'efforts et de moyens ingénieux, pour atteindre au perfectionnement des organes des deux types principaux : la *mull-jenny self-acting* et le *continu*. Les chercheurs, loin de se décourager devant les difficultés que rencontre l'adoption

Digitized by Google

générale de ce dernier système, et de renoncer à lui voir partager le domaine du self-acting, redoublent d'énergie, et les mécaniciens français poursuivent la solution du problème avec une ténacité dont les industriels d'outre-Manche nous avaient souvent donné l'exemple. La section anglaise ne renferme qu'un continu d'un système suranné, tandis que quatre constructeurs français exposent chacun un métier digne d'attention par son originalité. Les sacrifices que s'imposent les praticiens, avec une persévérance digne des plus grands éloges, établiraient au besoin l'importance de la question, si nous n'avions à signaler dès aujourd'hui des résultats remarquables : la production des broches s'est accrue dans une proportion considérable ; les broches de certains métiers de l'Exposition, dont la vitesse était limitée à 2,000 tours, tournent à 6,000. Les combinaisons réalisées pour soustraire le fil à des efforts de traction longtemps jugés inévitables donnent des numéros aussi fins et aussi peu tordus que la mull-jenny, et filent par conséquent la trame aussi bien que la chaîne, en détruisant ainsi l'un des obstacles les plus sérieux à l'emploi du système continu. Le fil est envidé indifféremment sous la forme de bobines cylindriques, s'il s'agit de la chaîne, ou de cônes appelés *canettes*, si c'est de la trame. Nous ne parlons que des progrès acquis par les nouveaux métiers exposés, et non des autres avantages connus du continu sur le mull-jenny, tels que l'économie de la place pour l'installation d'un même nombre de broches, l'augmentation de la production à vitesse égale, par la suppression des temps perdus de l'envidage, la diminution du déchet, etc.

Les recherches nombreuses nécessitées par la construction nouvelle des continus exposés ont eu pour premier résultat de doter les arts mécaniques d'un certain nombre de transmissions originales. De plus, quelques-uns de ces métiers pourront devenir des machines de préparation économiques, et remplacer des appareils plus compliqués et plus coûteux, tels que les bancs à broches. Enfin, ils seront, en raison de la

Digitized by Google

précision avec laquelle ils ont été conçus, de précieux auxiliaires pour le retordage des fils. Il est à remarquer que chaque substance filamenteuse est travaillée à l'Exposition sur un continu qui lui est propre. Le métier consacré au lin est connu, sauf quelques modifications de détail, depuis l'origine de la filature automatique ; il figure dans les sections anglaise et belge. L'invention du continu pour la laine cardée avait été appréciée déjà en 1855; elle a reçu depuis, de son auteur, M. Vimont, des perfectionnements qui en font une des machines intéressantes du quartier français. Mais les deux métiers les plus originaux sont dus à MM. Pierrard, Parpaite et fils, de Reims, et à M. Ryo-Catteau, de Roubaix ; ces deux métiers fonctionnent pour la première fois; tous deux peuvent filer indistinctement la laine peignée et le coton. Un dernier continu, de l'invention de M. Leyherr, de Laval, et construit avec quelques modifications par M. Sixte-Villain, de Lille, est disposé pour filer du lin sur un bord et du coton sur l'autre.

Métiers mull-jenny self-acting. — Nous ne terminerons pas cette revue des métiers à filer sans donner un aperçu des mull-jenny automatiques. Jamais, non plus, aucune Exposition n'avait réuni pareil concours de machines de ce système. Le coton, la laine cardée et la laine peignée sont travaillés sur les mull-jenny exposés par les divers pays de construction. Tous ces métiers décèlent des perfectionnements sérieux; mais, ne pouvant entrer dans la description détaillée des mécanismes modifiés, nous ne signalerons que les améliorations les plus importantes. Le bruit intolérable causé par les transmissions a été notablement atténué, bien que le nombre de broches par machine ait été augmenté. Les changements brusques de vitesse et de direction dans les mouvements des commandes ont été également modifiés et sont devenus moins sensibles. Les cordes destinées à guider le chariot sont établies de façon à ne pas s'échauffer ni glisser comme par le passé ; le cadre ou *têtière*, sur lequel se rencontrent tous les

Digitized by Google

organes essentiels du métier, est généralement fondu en une seule pièce, afin de posséder plus de stabilité et d'offrir une résistance suffisante aux ébranlements inévitables occasionnés par la succession d'efforts en sens contraire. Une disposition nouvelle dans la construction du chariot empêche les oscillations qui se produisaient pendant la course et surtout aux points de départ et d'arrivée, au grand préjudice de la régularité du filage. Des combinaisons simples de réglage permettent de travailler, sur le même métier, les fibres courtes et les fibres longues, de produire les numéros les plus élevés et les titres les plus bas.

De l'ensemble de ces perfectionnements résultent une augmentation dans la production et une diminution dans les proportions des déchets, la réduction du nombre des ouvriers et l'élévation des salaires, enfin la généralisation du système par son application à toutes les matières filamenteuses. Les hommes spéciaux les plus considérables ont contribué à ces améliorations, et c'est pour nous un agréable devoir de signaler la part prise à ces progrès par quatre de nos honorables collègues du Jury : M. Curtis, de la maison Parr, Curtis et Cie, d'Angleterre, a attaché son nom au système self-acting le plus simple et n'a cessé de le perfectionner depuis ; M. Schlumberger, de la maison Nicolas Schlumberger et Cie, l'une des plus anciennes de France, a rendu des services notables à l'industrie de notre pays en apportant dans la construction des mull-jenny automatiques de nombreuses améliorations de détail et une perfection caractéristique ; M. Achille Mercier, que la mort vient d'enlever si prématurément, était parvenu, grâce aux progrès réalisés par lui dans le matériel de la laine cardée, à se créer une clientèle spéciale dans tous les pays industriels du monde ; enfin M. Villeminot-Huard a imaginé un chariot auquel nous faisions allusion plus haut; ce chariot, de forme parabolique, établi suivant un solide d'égale résistance, donne des résultats plus remarquables encore sur les métiers de neuf cents broches placés dans les ateliers de l'inventeur, à Reims,

Digitized by Google

où ils fonctionnent sans la moindre vibration, que dans l'exposition du constructeur, M. Stehelin, où les dimensions forcément réduites de la machine rendent moins sensible la difficulté vaincue.

A côté de ces exposants hors concours il est juste de nommer, pour de sérieuses améliorations du même ordre, MM. Stehelin et C^{ie}, Flécheux-Lainé, en France; M. Martin, en Belgique; M. R. Hartmann, à Chemnitz. Les métiers de ces trois derniers constructeurs sont spécialement destinés à la laine cardée. MM. Stehelin construisent indistinctement les machines pour coton, pour laine cardée et pour laine peignée.

CHAPITRE II.

TRAVAIL DU CHANVRE, DU LIN, DU JUTE ET DU CHINA-GRASS.

§ 1. — Transformations après la récolte en dehors des filatures.

Les opérations préliminaires, destinées à extraire la filasse des tiges, des feuilles et des écorces des plantes, consistent dans le rouissage, le broyage, l'assouplissage, le teillage et l'espadage. Les moyens mécaniques en usage pour ces diverses transformations ne sont que partiellement représentés à l'Exposition et n'offrent rien de nouveau.

Quelques produits témoignent seuls de la continuité des recherches dans une voie plus rationnelle que celle qui est généralement suivie. Les machines exposées sont des appareils à cylindres cannelés, connus depuis longtemps et employés à broyer les tiges, avant ou après le rouissage, des machines à espader, d'un usage général en Belgique, des teilleuses plus ou moins perfectionnées; mais les procédés chimico-mécaniques, grâce auxquels certains inventeurs sont parvenus à rouir plus à fond la filasse sans l'altérer, à la désagréger au

Digitized by Google

point de rendre le premier crémage des fils superflu, et à obtenir automatiquement des produits plus fins que par le rouissage incomplet généralement en usage, font complétement défaut. Cette lacune est d'autant plus regrettable que la question reste, comme en 1862, l'un des problèmes les plus importants de l'industrie linière et chanvrière et que les considérations présentées par l'un de nous dans ses rapports officiels sur la dernière Exposition Internationale, pour expliquer les causes de la lenteur du progrès dans cette direction, ont conservé toute leur opportunité. Des faits récents, qui vont trouver leur place dans l'examen du matériel de la filature, viendront à l'appui d'une opinion que nous nous bornons à rappeler (1).

§ 2. — Filature du lin et du chanvre.

Les machines à peigner, à préparer et à filer le lin et le chanvre, sont représentées d'une façon complète, notamment dans la section anglaise, où la maison S. Lawson et fils, de Leeds, expose un assortiment irréprochable. Les principes de construction antérieurement apppliqués n'ont pas été modifiés, mais tous les détails témoignent d'un soin et d'une prévoyance extrêmes. Comme dans les machines destinées au coton, le graissage des broches, la manœuvre des pressions, le nettoyage des rouleaux, l'écartement des cannelés ont été l'objet de perfectionnements minutieux ; les engrenages se trouvent enveloppés, afin de mettre le personnel à l'abri de tout danger, sans que cette disposition soit un obstacle à la rapidité du service, toutes les fois qu'il s'agit d'opérer l'un de ces changements de réglage si fréquents dans le filage du chanvre ou du lin.

La France expose deux peigneuses, dont l'une, construite par la maison Vve Ward, de Lille, et basée sur une sage pro-

(1) Voir le tome IV des *Rapports du Jury international sur l'Exposition de 1862*, p. 443, et *Reports of the international Jury*, cl. XIX, p. 7.

Digitized by Google

gression dans le travail, se propage chaque jour. L'autre machine, d'une disposition ingénieuse, a, selon nous, le défaut de ne point tenir assez compte de l'utilité de cette progression, lorsqu'il s'agit, comme pour le chanvre et le lin, de démêler une matière encore gommeuse et mal désagrégée. La présence de cet excès de gomme dans les fibres a conduit les filateurs du nord de la France et de la Picardie à soumettre les bobines de préparation à une imbibition d'eau tiède avant de les livrer au métier à filer. L'appareil où s'effectue cette opération est établi de façon à y faire un vide partiel, et à régulariser ainsi la pénétration des couches intérieures par le liquide dissolvant. Mais le succès même de ce procédé prouve l'inefficacité du rouissage actuel; c'est véritablement un second rouissage, destiné à faire disparaître une partie du corps gommeux qui s'oppose au glissement des filaments, et qui, sur tous les métiers, nécessite un travail mécanique disproportionné avec le résultat. Des méthodes plus précises que les tâtonnements du rouissage campagnard deviennent donc indispensables; les procédés existent, mais ils sont impuissants contre la routine et ne se propageront pas au profit de nos campagnes et de nos colonies si l'administration ne juge point utile d'intervenir pour faire disparaître, dans un temps donné, un travail aussi malsain qu'irrationnel. Du jour où serait prise une pareille décision, les intéressés sauraient créer, dans les centres producteurs, des usines pour le traitement des chanvres et des lins, comparables aux ateliers d'égrenage établis dans les pays cotonniers. Cette mesure amènerait aussi de sérieuses transformations dans le matériel de la filature, qui ne peut, malgré la perfection des organes, rivaliser avec le travail à la main pour la finesse des produits; de là enfin résulterait une régularité de filage à peu près impossible aujourd'hui.

Le jute, dont la consommation augmente constamment, et qui devient le puissant auxiliaire du lin et surtout du chanvre dans la confection des articles communs, est expédié de l'Inde après rouissage. La mise en œuvre exige peu de modifications

Digitized by Google

au travail des matières similaires; à part un graissage préalable des filaments, le jute est transformé, comme le chanvre et le lin, sur deux assortiments, l'un réservé aux fibres longues et l'autre aux étoupes. Le *china-grass*, encore à l'état d'essai, subit un rouissage alcalin avant d'être livré aux machines de préparation.

CHAPITRE III.

FILATURE DES LAINES.

---

§ 1. — Procédés d'épuration de la matière brute.

Nous n'avons pas à entrer dans l'étude des procédés chimiques employés pour le désuintage et le dégraissage des laines. Des savants autorisés l'ont fait déjà avec tous les détails que comporte le sujet, et des Rapporteurs spéciaux indiqueront sans doute en quoi se distingue à cet égard la présente Exposition; mais il nous appartient de signaler l'intervention, à peu près générale, des moyens automatiques, substitués tout récemment aux manipulations et même à l'action des pieds dans le lavage des laines. Les appareils destinés au traitement des filaments lisses pour le peigne ne diffèrent que par quelques détails des machines applicables au cardage. La laine lisse peut supporter, à l'issue de l'opération, une pression énergique qui la débarrasse de l'eau qu'elle contient; la laine courte et vrillée, employée à la fabrication des tissus feutrés, doit rester aussi ouverte que possible. Les divers systèmes exposés sont en usage dans l'industrie et permettent de traiter journellement des quantités considérables; tous ont pour but d'effectuer un dégraissage et un lavage méthodique simultanés, avec un personnel aussi peu nombreux que possible; tous résolvent le problème, et dans des conditions telles qu'il est difficile de se prononcer d'une manière absolue sur le mérite re-

Digitized by Google

latif des appareils présentés à la fois par des mécaniciens de Reims, de Verviers et de Rouen. Il faudrait, pour le faire, avoir pu procéder à des expériences comparatives que le peu de temps réservé à l'examen du Jury n'a pas permises, et arriver ainsi à des distinctions basées sur les caractères de la laine à traiter, sur le prix de la main-d'œuvre, prix variable avec les localités, sur les quantités d'eau à dépenser, etc. En tout cas, et quel que soit le type adopté, les nouveaux moyens présentent l'avantage d'arriver plus sûrement à une épuration parfaite, avec moins de dépense et sans astreindre le personnel à un travail malsain. Certain assortiment de ces machines, dont le service exige seulement trois hommes et huit chevaux de force motrice, dégraisse, lave et sèche de 10 à 12,000 kilogrammes de laine par jour. C'est grâce à la propagation de pareils outillages que la dépense s'est successivement abaissée de 20 francs à 12 francs, puis à 3 francs les 100 kilogrammes de laine dégraissée, en tenant compte du savon, de la main-d'œuvre et de la force motrice. Nous regrettons que l'espace ne nous permette pas d'entrer dans la description des machines ingénieuses qui rendent de tels services à l'industrie; nous nous bornons à renvoyer aux ouvrages spéciaux récemment publiés.

Le dégraissage automatique des laines est complété aujourd'hui par les procédés de teinture d'un industriel normand, M. Gouchon. Cet inventeur remédie à la lenteur, à l'irrégularité et au prix relativement élevé des manipulations de la teinture, à l'aide d'appareils rationnels, disposés en raison de la matière à traiter, et destinés, par leur mode de fonctionnement, à conserver les caractères des fibres, qui trop souvent se trouvent altérées par les moyens habituels au point d'engendrer des difficultés considérables à la filature. Nous signalons seulement ces procédés nouveaux, que nous n'avons pas vus figurer à l'Exposition et qui sont appelés, croyons-nous, à réaliser, dans la partie mécanique du travail, une amélioration digne des progrès chimiques de la teinture.

Digitized by Google

§ 2. — Filature de la laine peignée.

La filature proprement dite de la laine peignée mérinos et de la laine longue se trouve surtout représentée à l'Exposition par la première et la dernière machine de l'assortiment, la peigneuse et le métier à filer. Ce n'est, en effet, que pour ces deux appareils que l'outillage a subi des modifications récentes dignes d'être signalées. Nous n'avons pas à revenir sur les considérations présentées à l'occasion des efforts heureux tentés pour substituer le continu à la mull-jenny et des perfectionnements apportés aux self-acting. Les peigneuses, qui toutes se trouvent réunies dans la section française, sont remarquables par la perfection de l'exécution et la précision du fonctionnement.

Dérivées du principe Heilmann, les unes ont été modifiées complétement, aussi bien dans la disposition générale et le volume des organes que dans la transmission des mouvements; les autres ont reçu des améliorations de détail qui ont accru la quantité de travail effectué sans préjudice pour la qualité du produit. La machine qui s'écarte le plus du type primitif par sa construction et l'importance de sa production figure dans l'exposition de M. Mercier; elle est connue sous le nom de Noble, son inventeur. Cet appareil a peut-être les défauts de ses qualités; le grand nombre des bobines de préparation, disposées autour du cercle alimentaire, rend l'ensemble un peu confus et nécessite des soins proportionnés à la complication qui résulte de l'accumulation des organes. La peigneuse Prouvost, d'origine anglaise, se distingue, au contraire, par la simplicité et l'économie des mouvements. La machine Morel, destinée, comme la précédente, au travail des laines communes, présente d'heureuses modifications de l'appareil alimentaire du système Heilmann; de plus, la transmission tout entière étant logée à l'intérieur d'un tambour métallique, sur la face interne duquel les chemins excentriques sont venus de fonte, la machine est dégagée et le travail devient aussi commode qu'il est satisfaisant à

Digitized by Google

l'œil. MM. Schlumberger continuent à perfectionner l'appareil auquel ils ont attaché leur nom avec tant de succès. La maison Stehelin expose une machine Lister, heureusement modifiée, pour travailler les laines de plus près. Cette grande variété d'appareils du même genre permet à l'industrie de choisir l'outillage le mieux approprié à chaque espèce de laine et explique les progrès d'une spécialité vraiment française, qui ne cesse de grandir.

§ 3. — Filature de la laine cardée.

Ici encore les perfectionnements les plus considérables portent surtout sur les premières et sur les dernières opérations et révèlent l'étude de questions secondaires en apparence et trop longtemps négligées. Par exemple, le graissage qui précède le cardage, dans cette branche de la filature, était laissé aux soins d'un ouvrier qui arrosait plus ou moins régulièrement la matière filamenteuse, avant de la livrer aux machines. Divers appareils automatiques ont comblé cette lacune; construits avec précision, ils permettent non-seulement de lubrifier uniformément les fibres, quelle que soit la quantité d'huile ou d'émulsion contenue dans le réservoir du graisseur, mais aussi de modifier la proportion de l'arrosage, ou *ensimage*, suivant la nature des laines. L'alimentation des cardes est devenue complétement automatique, et l'industrie a trouvé, en présence de l'élévation croissante des salaires, un puissant auxiliaire dans la *chargeuse*, exposée sous des formes diverses dans les sections belge et française; cet appareil, comme la plupart des perfectionnements du même genre, présente, en outre, l'avantage de fournir un travail plus régulier, en épargnant la fatigue à l'ouvrière, obligée, jusqu'ici, de rester pendant la journée entière debout, le corps tendu en avant, pour étaler sur la toile alimentaire la laine divisée à la main. Les machines intermédiaires manquent dans la filature du cardé pour obtenir la régularité par les doublages; il y a là encore une difficulté que les constructeurs cherchent à vaincre. Le système

Digitized by Google

Apperley consiste à alimenter, avec le ruban indéfini de la première carde, la seconde machine de l'assortiment, à laquelle il se présente dans le sens transversal, puis à fournir le ruban de la seconde carde à la troisième, dans des conditions analogues. Les nappes continues de Ferrabee, disposées sur des toiles sans fin, dont les mouvements contrariés produisent de véritables doublages, témoignent des efforts tentés dans cette direction. Déjà la pratique a consacré une partie des moyens nouveaux qui, cependant, sont encore susceptibles de perfectionnements. Les appareils de sortie des cardes, dont les tambours sont construits, suivant les contrées, en fonte, en stuc, en bois, en carton, en sciure de bois, ont été, comme les appareils alimentaires, l'objet d'améliorations. Le peigneur de la carde finisseuse, où se forment les mèches ou boudins qui doivent être étirés et tordus sur le métier à filer, nécessitait le montage délicat de bagues en cuir à dents de cardes en même nombre que les boudins à produire. Une disposition ingénieuse, réalisée par M. C. Martin, de Pepinster, permet de garnir le peigneur, comme les autres cylindres, d'un ruban continu et plein, sur lequel des ressorts d'acier, tangents seulement à la pointe des dents, déterminent des divisions analogues aux sillons produits par les bagues. Il ne nous a pas été donné de suivre l'effet de ces ressorts avec des laines de diverses longueurs, mais les résultats constatés sur l'assortiment mis en mouvement à l'Exposition indiquent déjà un progrès. Le métier *self-acting*, si longtemps réservé exclusivement au coton, est adopté aujourd'hui dans la plupart des grands établissements qui travaillent la laine, et les nombreuses machines de ce système qui fonctionnent bien à l'Exposition, malgré les conditions défavorables où elles se trouvent, constituent la meilleure réponse aux objections. Nous avons indiqué déjà la nature des améliorations qui ont conduit à ce progrès ; nous avons dit aussi l'importance que nous attachons à la propagation des continus, dont le métier Vimont offre, pour la laine cardée, le seul type manufacturier.

Digitized by Google

L'économie réalisée par les moyens automatiques peut être estimée à 30 ou 45 pour 100 dans la production du fil, tout en procurant à l'ouvrier un accroissement de salaire de 0 fr. 50 c. à 1 franc par jour.

Pièces détachées. — Cette spécialité ne constitue pas dans tous les pays une industrie distincte. Les grandes maisons anglaises fabriquent elles-mêmes, en général, les organes désignés sous le nom de pièces détachées, et qui consistent en broches de filature, ailettes, cylindres cannelés, rouleaux de pression, crapaudines, plates-bandes, etc. La construction française, au contraire, demande ces pièces accessoires à des ateliers spéciaux. La maison C. Peugeot et C^ie^, d'Audincourt, connue depuis longtemps par les progrès apportés dans sa spécialité et par un outillage des plus remarquables, occupe seule cinq cents ouvriers; l'examen des pièces exposées suffit à expliquer une partie des progrès réalisés sur les métiers. La forme étudiée des broches disposées pour supporter l'accroissement de vitesse exigé depuis quelques années, la qualité de la trempe, la réduction d'environ 10 pour 100 sur les prix de production, sont autant de résultats dus à l'excellence d'un matériel qui permet à des enfants de contribuer, pour la majeure partie, à la confection de ces pièces de précision. Les peignes, gills, hérissons, etc., employés dans les machines à lin et à laine peignée, sans rien offrir de particulier, témoignent des soins minutieux apportés à leur fabrication par les maisons de Lille et de Roubaix qui s'y sont consacrées. Cette spécialisation de la fabrication des pièces détachées est favorable au perfectionnement de l'outillage complet de la filature; elle est un puissant auxiliaire pour le constructeur, qui, sûr de pouvoir compter sur des organes parfaits, reporte tous ses efforts sur l'établissement des bâtis et des transmissions.

Ressorts à boudin bourrés de laine. — Au même titre que les pièces détachées figurent, dans la classe 55, des ressorts

métalliques en spirale, dont l'intérieur est garni de laine fortement comprimée. Des documents authentiques ont informé le Jury que ce genre de ressorts est employé avec un avantage marqué sur plusieurs lignes de chemins de fer d'Amérique, en remplacement des ressorts ordinaires, et que des expériences pratiques, faites en Angleterre, ont également donné des résultats satisfaisants. En attendant que la théorie explique comment l'élasticité combinée de la laine et des spires métalliques se maintient sans trouble sous les plus grands efforts et après un service prolongé, les exposants, MM. Thomson et Cie, ont songé à fabriquer des ressorts de toutes dimensions, pour remplacer ceux qui fonctionnent irrégulièrement dans les métiers à filer et à tisser, dans les machines à fouler, à apprêter, etc. Cette invention nous a paru digne d'être signalée, en raison de son originalité et des services que l'on en espère.

Garnitures de cardes. — Les considérations sur la spécialisation des pièces détachées s'appliquent également à la fabrication des plaques et rubans de cardes, qui forment encore une exploitation importante. L'uniformité de ces produits n'est qu'apparente, et la variété des types, dont l'Exposition offre un ensemble très-complet, indique l'une des difficultés de cette fabrication. Non-seulement chaque matière filamenteuse exige des dentures spéciales, mais chaque période du travail de la même substance, chaque organe différent de la carde nécessitent des modifications dans la garniture ; de plus, les rubans sont les uns en cuir, les autres en tissu simple ou en tissu embourré, souvent doublé d'une feuille de caoutchouc, qui augmente l'élasticité du croc métallique. Tous ces types divers figurent dans de nombreuses vitrines, dont les échantillons indiquent le concours d'ouvriers habiles et de machines parfaitement réglées. Aucun n'a réuni cependant ces deux conditions au même degré que l'un de nos fabricants français, M. Bourgeois-Botz, de Reims, dont l'exposition présente une perfection et une régularité impossibles à surpasser.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

MATÉRIEL DES MAGNANERIES, MACHINES A DÉVIDER ET A MOULINER LA SOIE.

Les moyens mécaniques usités dans les magnaneries sont et doivent être tellement simples que l'industrie séricicole n'a pas cru utile d'en présenter de spécimens.

§ 1. — Coconnière.

La section italienne, seule, renferme un appareil dont le but répond à un besoin important de l'éducation des vers à soie. La coconnière à laquelle nous faisons allusion est une sorte de casier à alvéoles rectangulaires ; chacune des cases a le volume exactement nécessaire au logement d'un ver arrivé à son entier développement. C'est donc une prison cellulaire destinée : 1° à empêcher deux vers de se réunir pour filer les cocons inférieurs connus sous le nom de doubles ou doupions ; 2° à permettre un triage facile des cocons destinés à la reproduction, suivant des prescriptions spéciales indiquées par l'inventeur. L'éducateur qui propose ce système a également imaginé et exposé un outillage mécanique fort élémentaire pour établir ces casiers à très-bas prix, afin de lutter de bon marché avec *l'encabanage* par la bruyère, le bouleau ou les règles dites coconnières d'avril. Le moyen est ingénieux et pourrait déterminer une réduction dans la proportion des doubles, estimée, en moyenne, à 10 pour 100 ; mais il est douteux que le système proposé de *grainage* par sélection des reproducteurs soit efficace contre le mal dont souffre depuis si longtemps l'industrie de la soie, et pour lequel on cherche, avec raison, un autre remède.

§ 2. — Tours.

Nous n'indiquons que pour mémoire les tours italiens et français à filer la soie, attendu que, malgré quelques tentati-

Digitized by Google

ves sans portée pour modifier certains détails, ces machines n'offrent rien de particulier et laissent toujours grande la part de l'ouvrière dans la régularité et la beauté des fils produits. Sans doute il sera bien difficile et peut-être impossible de remplacer les doigts intelligents et exercés de la fileuse par des moyens automatiques dans le dévidage de la soie grége ; mais la première partie de l'opération, qui consiste à dégommer les cocons, avant de tirer le fil, constitue un désideratum industriel d'autant plus regrettable que les moyens de régler cette préparation existent aujourd'hui. Des appareils, basés sur la pénétration régulière des couches du cocon par l'action successive du vide et de l'eau chaude, ont pour effet de préparer uniformément une masse quelconque avec une intensité variable à la volonté du manipulateur, suivant la résistance des enveloppes. Il en résulte une économie considérable ; aucune objection sérieuse ne s'oppose à l'adoption d'un principe qui pourrait rendre des services comparables aux résultats obtenus par le chauffage des bassines à la vapeur, imaginées par Gensoul, et qui mériterait d'être pris en sérieuse considération lorsqu'il s'agit d'une matière aussi précieuse.

§ 3. — Filage, dévidage, titrage et moulinage de la soie.

Le matériel destiné aux trois opérations principales du moulinage, dévidage, doublage et retordage, figure dans les sections anglaise, suisse et française. Les métiers qui composent ces diverses expositions ont été l'objet d'une exécution en rapport avec la délicatesse et la valeur des fils. Ils sont demeurés toutefois, à part quelques détails, ce qu'étaient, il y a vingt ans déjà, les machines de Manchester, connues sous le nom de *moulins anglais*. Alimentés par des produits réguliers, bien filés, ces appareils à mouliner, construits avec les soins que comporte le progrès général de la mécanique, peuvent donner des résultats parfaits ; mais, si les fils à retordre sont irréguliers, comme cela a toujours lieu avec les soies exo-

Digitized by Google

tiques, qui forment la principale ressource de l'industrie, ils doivent être titrés et classés au préalable. Cette partie essentielle des opérations préparatoires préoccupe avec raison la plupart des mouliniers. Des exposants lyonnais présentent des moyens préventifs qui consistent à dévider les écheveaux sur des longueurs de 500 mètres, titrées partiellement et groupées ensuite par numéros. Cette méthode offre les inconvénients de ne pas tenir compte des irrégularités successives qui, sur un certain parcours, se compensent mutuellement, d'être lente, d'exiger une grande habileté de la part du personnel, et d'occasionner un déchet anormal. Un constructeur suisse, M. Gaspard Honegger, a imaginé un appareil automatique dont la combinaison fort ingénieuse paraît remplir toutes les conditions d'un échantillonnage exact et rapide.

Le mécanisme est disposé de telle sorte que chaque point du fil est, pour ainsi dire, tâté par un doigter des plus impressionnables ; dès qu'une différence dans le diamètre du brin réagit sur le trieur, le guide, avec lequel ce dernier se trouve en relation directe, transporte le fil sur la bobine dont le titre correspond à la section éprouvée.

Un appareil imaginé pour atteindre au même but fonctionnait déjà à l'Exposition de Londres en 1862, mais il était si compliqué, si délicat et d'un prix tel qu'il ne pouvait être adopté par la pratique. L'invention de M. Honegger est une œuvre de précision appelée à supporter toutes les conditions du travail manufacturier.

A côté de ces appareils, dont un avenir prochain démontrera l'importance, nous avons à indiquer, pour la France surtout, des instruments perfectionnés pour la constatation de la ténacité, de l'élasticité et de la torsion des fils. La plupart des appareils dont se servait l'industrie étaient incomplets et laissaient à désirer, sous le rapport des indications fournies par l'aiguille correspondant au poids ou au ressort sur lequel agissait le fil à éprouver. Dans l'instrument désigné sous le nom de *phrosodynamique*, l'aiguille indicatrice s'arrête sans

Digitized by Google

oscillation, quelque brusque que soit la rupture du fil, et marque avec la plus grande précision l'effort sous lequel cette rupture s'est produite. De plus, l'essayeur phrosodynamique ne permet pas seulement de compter et d'enregistrer la torsion d'un fil, ce qui, jusqu'à présent, nécessitait un second appareil ; mais il facilite la détermination de la torsion la plus avantageuse à imprimer à un produit donné, en vérifiant successivement, et à mesure de l'accroissement de torsion, l'augmentation de résistance acquise (1).

§ 4. — Machine à faire la chenille.

La fabrication de la chenille, qui se rattache, par son principe, au moulinage des fils et constitue une spécialité importante dans la passementerie, est représentée par un appareil ingénieux ; l'inventeur, M. F. Martin, de Lyon, a su heureusement appliquer à la machine à guiper un rabot ou couteau qui tranche automatiquement les spires de la chenille à mesure qu'elles se forment.

CHAPITRE IV.

MATÉRIEL ET PRODUITS DE LA CORDERIE.

La fabrication des cordages nous fait assister à une transformation des plus intéressantes. Aux anciens ateliers, nécessitant des espaces considérables pour le développement total des câbles à produire à la main, tendent à se substituer des outillages manufacturiers qui fabriquent les cordages d'une façon continue dans des emplacements circonscrits et épargnent à l'homme des efforts réservés aujourd'hui aux divers moteurs dont l'industrie dispose. Nous citerons M. Ouarnier, de Compiègne, qui présente à l'Exposition un assortiment complet pour transformer la filasse en fil de caret, et réunir ensuite les fils de caret en torons et les torons en câbles. Cet outillage possède,

(1) L'appareil *phrosodynamique*, inventé par M. Alcan, est construit par M. L.-G. Perreaux, exposant de la classe 55.

Digitized by Google

sauf les dimensions, une grande analogie avec les machines à mouliner; il doit, d'ailleurs, comme tous les métiers à doubler et à retordre, fonctionner avec une précision et une régularité que rendent plus difficiles les résistances à vaincre dans ce cas particulier.

Nous regrettons de ne pas voir à l'Exposition quelques spécimens du matériel utilisé pour la production des ficelles, dont les machines à retordre et à polir, à pelotonner, etc., ne sont pas les moins curieuses. Les produits, d'ailleurs, sont de nature à représenter dignement la corderie française, et forment une échelle complète, depuis les ficelles blanches les plus fines, destinées aux filets de harnachement, et les ficelles de couleur du poids de 100 grammes les 1,000 mètres, jusqu'aux câbles de mine et aux plus gros grelins. Les cordes métalliques, comme les cordes de chanvre, présentent une régularité de façon qui témoigne des progrès réalisés dans cette direction par les principaux manufacturiers, parmi lesquels se sont particulièrement distingués MM. Besnard et Genest, Marcheteau, Potraies et G. Laroche, et Larivière, gérant de la Commission des Ardoisières d'Angers. M. Larivière a complété la remarquable exploitation qu'il dirige par l'établissement d'une corderie mécanique où sont confectionnés tous les câbles d'extraction, dans des conditions toutes spéciales. L'angle de torsion adopté par la corderie des ardoisières, afin d'obtenir le maximum de résistance à la rupture, a été déterminé avec un soin dont de récentes expériences, au port de Lorient, ont démontré la portée.

MM. Martin Stein et Cie, de Mulhouse, doivent être également comptés parmi les cordiers qui ont réalisé le plus de progrès pour les soins apportés à la fabrication du câble de Hirn; ils sont les premiers qui aient établi ce nouveau mode de transmission, dans des conditions telles que l'industrie pût en faire une application générale pour les commandes à grande distance.

Digitized by Google

CLASSE 56

Matériel du tissage et des apprêts, par M. ALCAN, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre des Jurys internationaux de 1855 et 1862, et par M. Édouard SIMON, ingénieur du syndicat des classes 55 et 56.

Digitized by Google

CLASSE 56

MATÉRIEL DU TISSAGE ET DES APPRÊTS.

PAR MM. MICHEL ALCAN ET ÉDOUARD SIMON.

CHAPITRE I.

MATÉRIEL DU TISSAGE.

Les procédés et les machines exposés dans la classe 56 ont autant d'importance que les moyens de la filature, mais présentent peut-être moins de subdivisions tranchées. Le matériel du tissage ne varie pas sensiblement suivant la nature des matières premières ou selon le mode d'entre-croisement des fils. Les dimensions des métiers, la force des organes et certains détails accessoires subissent seuls des changements déterminés par la largeur, l'épaisseur et la constitution de l'étoffe. Les appareils pour préparer les fils au tissage reçoivent quelques modifications d'après les caractères de la substance; les machines à apprêter sont variées en raison des effets recherchés pour donner au tissu l'aspect le plus flatteur et le plus durable.

L'outillage de la classe 56 peut donc se diviser ainsi :

Appareils et machines préparatoires;
Métiers à tisser les étoffes unies;
— — dites armures unies;

Digitized by Google

Métiers à tisser à boîtes multiples, à armures et à trames de couleurs variées;
Métiers à tisser les velours unis, bouclés et coupés;
— — — **façonnés;**
— — **mailles élastiques pour bonneterie;**
— — — **nouées pour filets;**
— — — **fixes pour tulle à la chaîne;**
— — — — **bobin;**
Machines à apprêter les tissus unis et lisses;
— **à feutrer et à fouler;**
— **à tondre et à apprêter les tissus duveteux.**

§ 1. — Machines préparatoires.

Ces appareils comprennent les machines à ourdir et à encoller les fils de chaîne ainsi que les cannetières destinées à enrouler les fils de trame sur les tuyaux de la navette.

L'exposition anglaise renferme un spécimen perfectionné de l'ourdissoir automatique. Cet appareil est muni d'un casse-fil qui produit un arrêt immédiat, déterminé par la rupture d'un fil quelconque de la chaîne. Cette addition très-simple réalise un progrès considérable. Jusqu'ici l'ouvrière chargée de la surveillance devait débrayer à la main; mais son attention ou même sa vue pouvait faire défaut, car il n'est pas rare d'ourdir simultanément jusqu'à six mille fils. Dans le cas le plus favorable, celui où la vigilance de l'ouvrière lui permettait de s'apercevoir de l'accident, il se passait un temps sensible entre ce moment et celui de l'arrêt; le casse-fil débrayeur remédie à cet inconvénient et ajoute au perfectionnement de l'opération une notable économie de temps.

Une autre modification intéressante de l'ourdissoir consiste dans la disposition du peigne ou râtelier, dont les dents s'écartent ou se rapprochent au moyen d'une vis, en raison de la réduction des chaînes qui se succèdent sur la même machine.

Machines à parer et à encoller. — La substitution des encolleuses à tambour sécheur aux pareuses à brosse et à venti-

Digitized by Google

lation avait réalisé, dès l'Exposition de 1862, un progrès important, puisqu'une seule des nouvelles machines remplaçait six appareils de l'ancien système et réduisait ainsi les frais du matériel et de l'opération ; les encolleuses à séchage par contact ont reçu un perfectionnement de plus et peuvent aujourd'hui encoller et sécher à la fois deux chaînes superposées. Malheureusement ces appareils, encore à l'essai, ne figurent pas à l'Exposition, et nous devons nous borner à indiquer les études dont ils sont l'objet en Angleterre. Les machines à encoller enroulent directement la chaîne sur l'ensouple du métier à tisser ; pour les fils qui, comme la soie, ne reçoivent pas de parement, l'ourdissage et le montage forment deux opérations bien distinctes ; à Lyon, notamment, se trouvent en assez grand nombre les monteurs à façon, qui transportent la chaîne de l'ourdissoir sur l'ensouple du métier. Un mécanicien suisse, dont nous avons déjà signalé les travaux dans la classe 55, M. G. Honegger, expose un appareil à ourdir et à monter simultanément les chaînes de soie, qui a le double avantage de supprimer une opération lente et coûteuse et de ménager le fil, en réduisant le nombre des manipulations.

Cannetières. — Les machines à faire les trames ou cannettes se trouvent réunies en grand nombre. Les dispositions ingénieuses adoptées pour le dévidage et l'enroulage des fils simples et retors indiquent le soin apporté à la solution d'un problème assez difficile. La trame doit être bobinée sous forme de cylindres coniques, avec une tension uniforme, quel que soit le diamètre des couches successives ; elle doit occuper le moindre volume possible, afin d'éviter les changements fréquents de navette ; la cannette doit s'arrêter spontanément dès que le fil de la trame simple ou l'un des éléments du fil mouliné, s'il s'agit d'un retors, casse au dévidage. Les diverses machines exposées réalisent ces données, qui ne sont pas sans influence sur l'économie du tissage ; la simplicité des transmissions nous dispense d'y insister.

Digitized by Google

§ 2. — Métiers automatiques pour le tissage des étoffes unies.

Sous ce titre sont compris les métiers légers, dont la largeur ne dépasse pas un mètre, employés au travail des cotonnades, des mérinos, des taffetas, etc.; les métiers de même dimension réservés aux tissus forts, comme les toiles à voiles, et les métiers pour draperies et pour certaines toiles, dont la largeur dépasse parfois trois mètres. Le métier à calicot le plus anciennement appliqué au tissage automatique est l'objet constant de perfectionnements, en vue d'accroître la production et la régularité des résultats. L'augmentation de stabilité dans les points d'appui et l'allégement des organes mobiles ont permis d'atteindre à une vitesse de 300 duites à la minute pour des largeurs de 0^{m}60 à 0^{m}70. Il arrivait fréquemment, dans les métiers à grande vitesse, que, la navette rencontrant un obstacle ou s'arrêtant, par une autre cause, dans le parcours de la chaîne, le battant frappait avant que le casse-fil débrayeur eût agi, et les dents du peigne se trouvaient mises hors de service. Ce peigne, articulé maintenant à la partie supérieure, s'écarte dès qu'un objet s'oppose à son action; il reste soulevé jusqu'à ce que le métier ait été replacé dans les conditions normales. Une autre disposition permet de ramener automatiquement le tissu au point où s'est produite la rupture de la trame. Jusqu'ici le casse-fil avait seulement pour mission d'arrêter le métier en faisant passer la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle; mais, cet arrêt ne pouvant être instantané pour une masse lancée avec la vitesse indiquée plus haut, le métier continuait à faire mouvoir les fils de la chaîne, et la navette passait et repassait sans profit. L'ouvrier rappelait à la main au point où le tissage avait cessé. Un métier anglais effectue ces mouvements automatiquement, à l'aide d'un mécanisme relié au casse-fil ordinaire. Un autre métier anglais, que nous appellerons métier à tisser sans arrêt, réalise un progrès de plus. MM. Howard et Bullough,

Digitized by Google

à qui le tissage automatique doit déjà, entre autres perfectionnements, le mécanisme du casse-trame débrayeur, ont exposé un métier, à peine achevé, qui tisse pendant une journée entière sans nécessiter d'autre arrêt que le temps du graissage. Dès que le fil de la trame casse ou se trouve épuisé dans la navette, celle-ci est jetée dans une boîte disposée *ad hoc*, et une autre navette, placée en attente au-dessus de la boîte du chasseur, vient prendre la place de la première. Ce double mouvement se fait simultanément, toujours au moyen du casse-trame, qui, au lieu d'arrêter le métier, lui fournit une nouvelle alimentation. Il en résulte une économie de 25 à 40 pour 100, suivant que l'ouvrier tisseur conduit un ou deux métiers. Sans doute ce perfectionnement soulève quelques objections, et l'on est disposé à craindre certains effets de malfaçon provenant de duites inachevées ou complétement absentes. Le premier inconvénient n'a pu encore être évité, le second a déjà disparu, car le métier revient de lui-même au point où la duite entière fait défaut. La fabrication d'un grand nombre d'articles courants n'exige pas, d'ailleurs, une perfection telle que quelques duites incomplètes causent une dépréciation du produit.

Métier simplifié pour faire varier le duitage. — Un métier à tisser la toile à voile, construit par MM. Urquhart, Lindsay et C^ie, de Dundée, présente un perfectionnement aussi récent que le précédent, et est destiné à faire varier le nombre de duites dans la proportion de quatre à vingt par centimètre, au moyen du déplacement d'un seul boulon. Ce boulon, fixé dans la glissière du levier qui commande l'appel du tissu, modifie la quantité d'enroulement suivant la longueur du levier.

Les nombreux pignons employés avec les anciens métiers ne donnaient pas des résultats aussi variés et causaient une plus grande perte de temps.

Métiers à grande largeur. — Les fonctions de ces machines

Digitized by Google

sont identiques à celles des métiers légers et étroits, mais leur exécution présente de nouvelles difficultés. La navette, par exemple, ne peut plus être lancée comme dans les métiers du genre précédent ; les cames ordinaires du chasse-navette ne suffisent pas, et on a dû adopter certaines dispositions qui, en donnant une plus grande surface à la touche du chasseur, en augmentent la puissance. Ces cames ont néanmoins l'inconvénient d'exiger une vitesse déterminée et régulière; le nombre de tours du moteur vient-il à diminuer : les touches fonctionnent mollement, la navette part sans force et s'arrête souvent avant d'atteindre l'extrémité de la course ; aussi les cames sont-elles généralement remplacées par des ressorts, dont la détente, produite au moyen d'excentriques ou de manivelles, détermine le mouvement du chasse-navette avec une force indépendante de la vitesse du métier. Mais ces ressorts se fatiguent assez rapidement, ils perdent toute élasticité et se rompent. Les ressorts bourrés de laine, indiqués parmi les progrès du matériel de la classe 55, offriront sans doute un remède à cet inconvénient. Les transmissions destinées à l'enroulement du tissu et au déroulement de la chaîne sont aussi l'objet de modifications sur les métiers réservés aux articles forts. Bien des essais ont été tentés, et aucun principe nouveau n'a prévalu sur la disposition de Vaucanson, qui se servait du rouleau tendeur pour entraîner l'étoffe, d'une façon indépendante du diamètre variable des ensouples de la chaîne et du tissu. Nous regrettons de ne pouvoir citer, parmi les perfectionnements mis en lumière par l'Exposition de 1867, la construction d'un métier à casse-fil de chaîne. Ce métier français, dont l'admission avait été décidée et qui n'a pu être prêt à temps, résout un problème des plus intéressants. Depuis longtemps le métier à tisser automatique s'arrêtait lorsqu'un fil de trame était rompu, mais les accidents de la chaîne n'étaient révélés par aucun indice précis. Le métier auquel nous faisons allusion s'arrête spontanément lorsqu'un fil quelconque de la chaîne vient à manquer.

Digitized by Google

Métiers à armures. — Tous les effets façonnés pouvant être obtenus économiquement sur les métiers Jacquart, et les métiers à armures n'étant que les diminutifs des premiers, nous n'en dirons que quelques mots. Les métiers à armures se distinguent entre eux par le nombre des lisses ; le plus souvent celles-ci sont employées seules à réaliser les entrelacements fondamentaux des fils ou à produire certains effets qui exigent jusqu'à vingt lisses ; d'autres fois les lisses servent d'auxiliaire à la Jacquart, et, pendant que cet appareil engendre le façonné du tissu, l'armure exécute la partie unie ou fond. Les perfectionnements les plus récents des métiers à armures portent sur le fonctionnement des lisses dont nous indiquons le rôle. Les dispositions adoptées dans les divers métiers exposés donnent toutes de bons résultats ; l'une d'elles consiste à soulever les lisses au moyen de chaînes métalliques commandées par des leviers verticaux en fer, qui sont eux-mêmes animés d'un mouvement alternatif de va-et-vient à l'aide de galets en fonte guidés par des plateaux excentriques. Dans d'autres métiers les excentriques sont remplacés par des fiches métalliques fixées dans des plaques en bois qui forment la chaîne sans fin et agissent successivement sur les leviers des lisses. Enfin un dernier système exposé dans la section américaine présente les touches sous forme de galet, et cette disposition paraît réunir les conditions de douceur et de résistance nécessaires à la meilleure marche. Une autre modification à signaler consiste dans la division de la chaîne pour le passage de la trame, c'est-à-dire que les fils de la chaîne se baissent et se lèvent par moitié, afin de diminuer l'angle formé dans le cas ordinaire par tous les fils soulevés et d'amoindrir les frottements. Dans quelques métiers les fils levés sont tous déplacés dans la même direction, mais les lisses de derrière sont plus soulevées que celles de devant, afin de réduire, d'une autre façon, l'effet des frottements.

Métier automatique à faire les velours. — L'étoffe la plus

Digitized by Google

délicate à produire est sans contredit le velours. La formation des parties cannelées au moyen des moules, l'enlèvement de ces moules pour laisser subsister les boucles dans le velours frisé, ou pour les fendre au sommet dans le velours coupé, constituent un opération lente et minutieuse. Malgré de nombreuses tentatives, le travail automatique n'avait pu être appliqué qu'aux velours à grosses boucles, aux tapis veloutés et aux peluches de chapellerie. Nous voyons, pour la première fois, à l'Exposition, fonctionner un métier qui exécute mécaniquement les articles les plus fins et les plus réduits. Ce métier est du système dit *à la barre*, employé presque exclusivement dans l'industrie de la rubannerie et de la passementerie pour tisser simultanément un certain nombre de pièces parallèles. Ce genre de tissage était borné aux articles unis, et le velours était produit isolément. Le métier Joyot exécute les rubans cannelés et veloutés, et tous les autres articles obtenus par le concours des aiguilles, sans que le nombre des pièces soit limité autrement que par les dimensions du bâti. Cette invention permet également d'exécuter un ruban sans envers, c'est-à-dire un velours à double face, qui constitue une nouveauté dans la rubannerie. Le métier à la barre de M. Joyot est d'autant plus intéressant qu'il contribuera, sans doute, à améliorer la situation d'une industrie rudement éprouvée, dans notre pays, par la concurrence des contrées où la main-d'œuvre est à meilleur marché. Déjà les métiers automatiques ont réalisé, il y a une trentaine d'années, pour la fabrication des peluches, dont nous indiquons plus haut la destination, une transformation qui a fourni aux industriels français les moyens de soutenir victorieusement la lutte avec leurs rivaux et d'augmenter les salaires de leurs ouvriers.

Métiers automatiques à navettes multiples. — Le nombre des métiers auxquels on a ajouté des mécanismes chargés de présenter spontanément, après chaque coup de battant, un fil de trame déterminé, est si considérable, et les divers systèmes

Digitized by Google

d'exécution sont si variés dans les détails, que cette partie de l'Exposition mérite une attention particulière. Le besoin de s'affranchir du surcroît de main-d'œuvre payé au tisserand à la main, suivant le nombre de navettes de diverses couleurs dont il devait faire usage, avait été le point de départ de nombreuses recherches ; mais, soit que les moyens proposés laissassent à désirer, soit que les besoins du tissage fussent moins absolus, peut-être en raison de ces deux causes, les métiers à navettes multiples trouvèrent relativement peu d'applications jusqu'aux dernières années et ne se montrèrent qu'en petit nombre aux précédentes Expositions. La France et l'Angleterre seules en avaient présenté quelques spécimens ; mais, peu répandus encore en Angleterre, ils étaient à peine essayés dans notre pays. Aujourd'hui tous les mécaniciens qui construisent le matériel du tissage exposent des métiers de ce genre. Ceux-ci peuvent être classés en deux grandes catégories : les métiers où le changement de navette s'effectue par un mouvement de rotation de boîtes circulaires à compartiments, dites à revolver, et les métiers à boîtes rectangulaires, dont les cases porte-navettes sont successivement amenées à la hauteur du battant par un mouvement de translation vertical, de bas en haut ou de haut en bas, suivant l'ordre déterminé par la composition du dessin. Les deux systèmes, également bien exécutés, donnent des résultats pratiques équivalents ; cependant la boîte à revolver paraît devoir trouver surtout son application dans le tissage des fils dont le titre élevé n'entraîne pas à des dimensions de navettes trop considérables ; lorsque, par suite de la largeur de l'étoffe ou de la section des fils, les proportions des navettes augmentent sensiblement, la disposition des boîtes rectangulaires devient préférable. Le nombre même des fils de trame, que l'un et l'autre systèmes emploient, constitue un progrès de date récente, et démontre l'étude approfondie dont ces perfectionnements ont été l'objet. Certains de ces métiers tissent non-seulement suivant un ordre constant et invariable, mais encore modifient la succession des duites. Une troisième amélioration

Digitized by Google

est la faculté d'éviter la juxta-position de deux trames de même couleur. Dans la plupart des métiers la navette, après avoir été lancée dans un sens, est ramenée en sens contraire à son point de départ, et de là une succession inévitable de deux fils identiques. Dans le métier anglais le plus perfectionné, le mouvement des boîtes est réglé de telle façon que sept duites de couleurs différentes peuvent être chassées successivement dans l'ordre naturel des nombres, pour fournir ensuite une nouvelle succession en sens inverse, soit dans le même ordre, soit dans un ordre différent. Ainsi les navettes numérotées de 1 à 7 seraient successivement envoyées de droite à gauche et reviendraient de gauche à droite, soit de 7 à 1, soit dans une tout autre succession. Ces combinaisons, patentées depuis moins d'une année, sont réalisées avec une perfection qui ne laisse rien à désirer au fonctionnement du métier. Il n'est pas inutile d'ajouter qu'ici, comme dans le tissage des unis, le métier s'arrête, par l'effet du casse-fil, dès qu'un accident se produit; cette garantie contre la malfaçon devient plus nécessaire à mesure que le travail automatique est appliqué à des articles d'une valeur plus grande. Afin de donner un aperçu des conséquences de l'emploi des métiers à navettes multiples, nous nous bornerons à citer les chiffres suivants: dans le tissage à la main des draps lisses l'ouvrier reçoit, en moyenne, *neuf à dix centimes* par mille mètres de trame employée; le même travail lui est payé, pour l'article nouveauté, *vingt-trois centimes et demi* lorsqu'il emploie deux navettes, *vingt-cinq centimes* pour trois navettes, *vingt-six* pour quatre, et *vingt-sept à vingt-huit centimes* pour un nombre supérieur. L'importance des services à espérer des nouveaux métiers est d'autant plus grande que, dans les lainages seuls, le nombre des articles de fantaisie l'emporte de beaucoup sur celui des tissus unis.

§ 3. — Métiers Jacquart à tisser les façonnés.

Le mode de fonctionnement adopté pour les métiers Jac-

Digitized by Google

quart qui figurent à l'Exposition dépend des conditions dans lesquelles chacun de ces métiers est destiné à travailler. La commande automatique est appliquée toutes les fois qu'il s'agit d'articles courants dont le tissage n'exige pas des soins spéciaux, et permet de réunir dans le même atelier un grand nombre de métiers du même genre. Le travail à la main est préféré lorsque l'ouvrier doit produire des articles de luxe où l'intelligence et l'habileté de main ne sauraient être remplacées par la machine la plus parfaite, comme dans les tissus de Lyon, de Tarare, etc. L'industrie a si bien compris ces exigences que, tout en n'abandonnant pas le terrain conquis par l'automatisation et en ne négligeant aucune des circonstances favorables à son développement, elle a reporté la somme de ses efforts vers la simplification et le perfectionnement des montages et des organes du métier. Le principe de *la Jacquart* a été conservé, mais de nombreuses modifications lui ont donné une physionomie nouvelle. Et le mérite même de cette précieuse invention réside à la fois dans l'immutabilité des éléments et dans l'extensibilité des applications.

La preuve la plus récente et la plus importante de cette variété des résultats dus à l'emploi de *la Jacquart* se trouve dans le dernier perfectionnement signalé sur les métiers à navettes multiples. Les boîtes à navettes sont mues par des crochets spéciaux empruntés au mécanisme Jacquart ; en effet, il était rationnel de généraliser le principe et d'en faire agir les éléments constitutifs sur les fils de trame comme sur les fils de chaîne. Pendant longtemps aussi l'étendue des effets de tissage était limitée : le nombre considérable de cartons exigés par la longueur de certains dessins constituait une dépense devant laquelle le producteur était forcé de reculer; la largeur de ces mêmes dessins nécessitait une complication de crochets qui bornait encore le développement du tissage façonné. Enfin les modes d'entrelacement étaient d'une uniformité telle qu'il fallait multiplier les éléments dans une proportion par trop onéreuse. Cette partie de l'art du tisserand qui con-

Digitized by Google

stitue le montage a progressé en France au point de doubler et quadrupler la puissance du même métier, c'est-à-dire que, pour réaliser certaines étoffes façonnées, où il eût fallu employer autrefois cinquante mille cartons et deux mille crochets le tissage actuel ne fait usage que de vingt-cinq mille et parfois de douze mille cartons, avec mille crochets seulement. Loin de réduire la puissance des effets, ces perfectionnements fournissent au tisserand les moyens d'obtenir de nouveaux entrelacements et d'imiter avec plus de vérité la taille-douce, la broderie, la dentelle, etc.

Les procédés auxquels nous faisons allusion reposent sur deux modifications de montage. 1° Par une disposition particulière, les aiguilles de *la Jacquart* font agir deux fois de suite le même carton sur deux séries différentes de crochets et économisent ainsi 50 pour 100 de carton; 2° la réunion des fils de la chaîne avec les crochets chargés de les actionner est combinée de façon à ce que le même crochet puisse, à volonté et suivant les besoins, agir sur un fil isolé ou sur plusieurs à la fois. Prosper Meynier, dont la mort est un deuil pour l'industrie lyonnaise, a réalisé de nombreux progrès dans cette direction. Raymond Rouze est son digne continuateur. Le métier Jacquart exposé par cet industriel produit les variations d'effets dont nous venons de parler.

Un grand nombre de recherches ont été faites dans l'intention de réduire la dépense occasionnée par les cartons. L'Exposition offre un ensemble assez complet des divers moyens; les uns consistent à rapprocher les aiguilles de la mécanique Jacquart et à en diminuer la section, afin d'en loger un plus grand nombre dans la même surface; les autres à remplacer, dans le carton, les trous ronds par des trous carrés ou en losange, dont la disposition permet d'arriver au même résultat. Dans les différents systèmes les constructeurs cherchent à donner plus de précision aux mouvements et à disposer la griffe ou moteur des crochets de façon à éviter les changements trop brusques de direction et à faciliter le dégriffement,

Digitized by Google

sans fausser les crochets et les aiguilles. L'industrie a pu ainsi employer, non-seulement des cartons plus étroits, mais de moindre épaisseur. Du carton mince au papier la transition était naturelle, et cependant la substitution du papier au carton a demandé plus d'un demi-siècle. Cette innovation exigeait la réunion de trois conditions indispensables : le papier ne devait être soumis qu'à des efforts insignifiants ; il fallait neutraliser les influences atmosphériques et hygrométriques capables de faire varier les dimensions du papier, et atteindre ce double résultat sans compliquer le métier et sans accroître le prix du matériel au delà d'une limite circonscrite. L'addition d'un appareil dans lequel les fonctions du papier se bornent à déterminer la déviation d'aiguilles très-légères en communication directe avec les aiguilles de la mécanique Jacquart ordinaire, a résolu le problème suivant ces données et a diminué, dans une proportion considérable, les frais de cartons sans augmenter sensiblement le prix du métier. Ce perfectionnement est surtout important pour les fabriques de châles et d'étoffes pour ameublement, car l'achat du carton s'élève, dans certaines maisons, au chiffre annuel de cent mille francs.

De plus, les cartons sont toujours conservés en vue des changements de mode qui ramènent les mêmes dessins après un certain nombre d'années, et la garde de ces archives industrielles exige des locaux considérables, singulièrement réduits avec les rouleaux de papier.

Métier à tisser les façonnés brochés. — Le métier Jacquart, malgré ses immenses avantages, cause forcément une perte de matière. Dans la fabrication des châles français, les trois quarts environ des fils employés passent à l'envers sous forme de brides, et sont enlevés au découpage pour alléger le vêtement. Cette nécessité n'entraîne pas seulement un déchet considérable, elle diminue la solidité du produit. De là l'infériorité de nos châles sur ceux de l'Inde, où le fil n'est

Digitized by Google

employé qu'à l'endroit, où il concourt à la formation du dessin. Les inventeurs ont cherché à imiter automatiquement le brochage et le spoulinage. Le brochage est appliqué sous diverses formes. On sait que, pour obtenir, sur une étoffe unie, damassée ou façonnée, des fleurs ou des sujets distants les uns des autres, on ajoute au métier Jacquart un second battant muni de petites navettes convenablement espacées. Ce battant additionnel, imaginé par Meynier, est suspendu au-dessus du premier, et descend dans l'angle formé par les fils de la chaîne à certains moments déterminés, par l'effet des crochets Jacquart. À cet instant, l'ouvrier actionne les petites navettes au moyen d'une poignée unique, et chasse autant de petites duites qu'il y a de navettes. Lorsque ce battant, dit *brocheur*, n'est plus nécessaire, la mécanique du métier le fait remonter, et le battant ordinaire agit seul.

L'Exposition présente deux perfectionnements dans cette direction : le premier consiste dans la substitution du moteur au travail à la main pour faire mouvoir les navettes du battant brocheur ; le second offre une combinaison de l'action simultanée du battant lanceur et du battant brocheur. Ceci demande une courte explication. Dans les étoffes façonnées par le passage continu de la trame lancée et l'effet intermittent des trames brochées, les fils de la chaîne qui servent à lier ces différentes duites sont manœuvrés alternativement, c'est-à-dire qu'après avoir soulevé sur toute la largeur de l'étoffe les fils de chaîne sous lesquels doit passer *la duite générale* et les avoir ramenés dans la position primitive, les crochets de la Jacquart ne soulèvent que certains fils et de place en place, pour former les angles, entre les côtés desquels passent les trames partielles du broché. Afin d'économiser le temps et d'augmenter la production, on a combiné les mouvements du métier de façon à réaliser simultanément les deux séries d'angles que traversent les deux sortes de navettes. C'est surtout dans les améliorations de ce genre que l'industrie française excelle, et chaque jour voit surgir une application inté-

Digitized by Google

ressante, réalisée souvent par la classe la plus modeste du personnel de nos fabriques. L'innovation ingénieuse qui fonctionne sous le nom de *nouveau système de battant, à boîtes mobiles économiques*, est encore une modification simplifiée du battant brocheur, appliqué par M. Payen-Baudouin, de Saint-Quentin, au tissage des rideaux brochés. Le battant brocheur, suspendu et manœuvré par la Jacquart, d'une façon analogue à celle que nous avons décrite, est muni à chaque extrémité d'une boîte à navette, comme le battant ordinaire, de façon que la navette, chassée d'un côté de la pièce, ne la traverse pas pour revenir de la lisière opposée, mais parcoure seulement la largeur des bordures à brocher et revienne sur elle-même, grâce à un mécanisme qui agit sur un taquet spécial. Les boîtes étant symétriques, les deux navettes tissent simultanément les bordures opposées, puis le brocheur se relève pour laisser passer la navette de fond, et le même effet de brochage se renouvelle. Il résulte de cette disposition la suppression complète des brides, qu'il fallait découper après tissage, et qui constituaient un déchet notable. Le cadre qui nous est tracé ne nous permet pas d'entrer dans l'étude détaillée des divers procédés essayés pour obtenir des tissus comparables aux châles indiens; nous devons indiquer toutefois que le problème si compliqué du spoulinage paraît résolu en ce qui concerne les résultats, et abstraction faite des conditions économiques, qui sont l'objet de recherches incessantes. Bien des constructeurs poursuivent, depuis trente ans, la solution de cette question. Chacun d'eux y a contribué pour sa part, et parfois les industriels se sont réunis aux inventeurs pour atteindre le but; nous ne les connaissons pas tous et nous ne nous rappelons pas les noms de tous ceux que nous avons vus à l'œuvre; néanmoins, nous pouvons citer, comme de zélés coopérateurs. MM. Deinerous, Voisin, François Durand, Fabart, Souvraz, Chevron, Lecoq. Les deux derniers continuent leurs expériences et sont arrivés à des résultats fort intéressants, dont les conséquences ne seront sans doute pas stériles.

Digitized by Google

§ 4. — Métiers à mailles.

L'industrie française se trouve seule représentée d'une façon à peu près complète dans la spécialité des métiers à mailles élastiques pour bonneterie et à réseaux noués pour filets. La plupart des contrées manufacturières, à l'exception du Royaume-Uni, ont peu développé cette branche de la construction; depuis 1851, l'abstention de l'Angleterre, qui jusque-là avait conservé une avance marquée, ne saurait s'expliquer. Toutefois, en présence des perfectionnements réalisés par nos constructeurs et adoptés à l'étranger, il paraît douteux que les mécaniciens anglais nous aient devancés aujourd'hui. Tous les métiers à tricoter se classent en deux grandes catégories: les métiers *rectilignes* et les métiers *circulaires*. Le fonctionnement automatique du métier à tricoter les bas constituait une des grandes nouveautés de l'Exposition de 1862, dans le matériel des arts textiles. Le nombre des bas n'était limité que par la longueur du métier, et le rôle de l'ouvrier se bornait à une surveillance facile. L'Exposition de 1867 laisse bien loin ce premier essai. Le métier rectiligne, à pièces multiples, réalise le tricot à côtes sans envers, dont l'élasticité se prête à la confection des poignets, jarretières, hauts de jambes, etc. Grâce à l'application de la double fonture au métier automatique et à l'heureuse combinaison des transmissions de mouvement, nous voyons se former simultanément douze pièces de ce tricot dit à bords-côtes, dans le même temps où, avec le métier à la main, l'ouvrier n'en fabriquait que deux, au prix d'un travail pénible et absorbant. La production du métier rectiligne simple a été centuplée.

Les premières machines automatiques étaient compliquées et lourdes et nécessitaient des ateliers au rez-de-chaussée; les métiers exposés sont simples et fonctionnent avec si peu d'efforts, qu'ils peuvent être placés dans un étage quelconque. M. Tailbouis, qui s'est montré le plus énergique promoteur des perfectionnements de ces métiers, a réalisé de notables

Digitized by Google

modifications dans la construction ; M. Berthelot, qui avait exposé également en 1862, présente un outillage où se trouvent réunies les plus récentes améliorations.

§ 5. — Métiers circulaires.

Les perfectionnements apportés aux métiers circulaires sont plus variés encore et non moins importants. L'un des principaux constructeurs, M. Buxtorf, s'est consacré à l'étude de ce système et a exposé un assortiment de dix-huit métiers, offrant chacun une particularité distincte. Le grand avantage de la disposition circulaire consistait exclusivement dans la puissance de la production. Certains de ces métiers font, en effet, cinq cent mille mailles à la minute, tandis que le métier rectiligne le plus complet n'en fournit que cinquante mille; mais le dernier donnait des produits que le premier ne pouvait aborder. Le métier circulaire ne faisait pas les tricots dits bords-côtes, ni les façonnés, ni les tricots à jour, ni la peluche, ni les lisières pour articles imitant la draperie ; son rôle se bornait à la confection d'un manchon ou cylindre uni. Les produits devaient donc être exclusivement réservés aux articles à bas prix, découpés et grossièrement cousus, et laissaient à désirer au point de vue des apparences et de la solidité. Les perfectionnements dont le métier circulaire a été l'objet depuis peu d'années ont remédié aux inconvénients signalés, et ne donnent pas seulement des tricots analogues aux produits des métiers rectilignes, mais réalisent des effets comparables à ceux du métier Jacquart.

Ces progrès sont le résultat de certaines additions et combinaisons spéciales de l'organe du métier circulaire, désigné sous le nom de mailleuse; la mailleuse est chargée d'introduire le fil à tricoter en feston plus ou moins varié entre les aiguilles de la fonture, de façon à modifier l'action de celles-ci ; mais le métier lui-même reste ce qu'il était en principe.

Les organes des métiers circulaires sont, d'ailleurs, établis

Digitized by Google

avec un soin et un réglage tels qu'ils tricotent indistinctement les matières les plus dures et les moins élastiques, comme le lin, et les substances les plus moelleuses, la préparation même non filée. Cependant les progrès sont loin d'avoir atteint leur apogée, et une modification intime du système circulaire a ouvert une voie nouvelle. La particularité du métier dont nous voulons parler consiste dans l'absence des platines et de la roue mailleuse, indispensables au fonctionnement des autres appareils. Le cueillage, effectué jusque là par la mailleuse, a lieu par l'effet des aiguilles elles-mêmes, modifiées dans leur forme et munies de petites clanches articulées. Ces aiguilles, disposées verticalement sur un rail circulaire constituant une série de plans inclinés dans deux directions opposées, montent et descendent, suivant les plans par ce double mouvement, les clanches articulées ouvrent et ferment l'extrémité du bec. Dans le premier temps, le fil à tricoter s'engage dans le bec ; dans le second, il est cueilli en feston. Il en résulte une simplification extrême du métier. Cette invention, dont l'auteur est inconnu (on le croit Américain), était restée sans application ; des constructeurs français, les premiers, en comprirent les avantages et les ressources, ainsi que le témoignent les métiers exposés. L'une des conséquences les plus curieuses de l'application de ces aiguilles, dites *self-acting*, est la construction d'un métier tout récent, où deux fontures, disposées sur des bâtis parallèles et rectilignes, agissent, soit alternativement, l'une de droite à gauche, et l'autre de gauche à droite, sur le même fil, pour former un tuyau aplati, soit simultanément, pour tricoter les bords-côtes, etc.

Un poinçon spécial agit sur les aiguilles et produit spontanément les diminutions, de sorte que, sans apprentissage et en tournant seulement une manivelle, le premier venu peut tricoter un bas avec talon renforcé et pointe, aussi bien que l'ouvrière la plus habile. Ce *tricoteur-omnibus*, comme il a été justement appelé, rendra de grands services, même dans

Digitized by Google

les campagnes, car le prix de revient en est minime. Ce système ingénieux, inventé à peu près à la même époque, en France et en Amérique, est exposé par les deux pays et forme le trait-d'union entre les métiers rectilignes et les métiers circulaires. Il est rectiligne par sa forme, mais il réunit les propriétés les plus importantes des deux systèmes : la grande production jointe à l'exécution des pièces de forme variées.

Les progrès réalisés dans une industrie aussi essentielle que la bonneterie, témoignent de l'importance des recherches dont la continuité assure à cette spécialité de nombreux développements.

§ 6. — Métiers à fabriquer les filets.

Deux métiers à fabriquer le filet démontrent, par leur exécution et les modifications apportées à certains détails, que le problème poursuivi depuis plus de soixante années est résolu industriellement. Nous devons rappeler toutefois que le premier métier complet à fabriquer simultanément un nombre quelconque de mailles, est dû à un pauvre paysan du Bourgtheroulde (Eure), appelé Buron. Cette invention, qui a paru à l'Exposition de 1806 et fait partie des collections du Conservatoire des arts-et-métiers, est d'autant plus une œuvre de génie, que Buron ne savait ni lire ni écrire. Sa machine en bois laissait nécessairement à désirer sous le rapport de la construction, et l'habile ingénieur Pecquœur, qui en avait saisi le mérite et les défauts, modifia certaines parties et améliora considérablement l'exécution de l'ensemble. Les machines actuelles marquent un progrès de plus. Aux navettes ou porte-trame de l'ancien système, se substituent des navettes semblables, sauf les dimensions, aux navettes des métiers à tulle-bobin. Toutes les transmissions ont été améliorées, de façon à commander les machines automatiquement et à augmenter la production.

CHAPITRE II.

MATÉRIEL DES APPRÊTS.

Les apprêts, destinés à donner à certains tissus un caractère propre et à toutes les étoffes une apparence aussi avantageuse que la nature de la matière le comporte, ont par cela même une grande importance dans la fabrication. Ils varient suivant qu'ils doivent être appliqués à une matière animale ou à une matière végétale, ou bien encore à une combinaison de ces substances. Quel que soit le genre envisagé, les moyens de l'apprêteur comprennent à la fois l'outillage et la méthode suivie dans la succession des opérations, c'est-à-dire le matériel et les procédés. L'outillage a peu varié, et la plupart des progrès sont plutôt le résultat des modifications apportées aux manipulations qu'aux machines elles-mêmes, dont nous devons seulement nous occuper dans ce compte rendu.

§ 1. — Machines diverses.

Machines à épurer, à dégraisser et à laver les tissus. — Ces machines, très-simples, ne figurent qu'en petit nombre à l'Exposition. Cependant les opérations auxquelles elles concourent sont plus ou moins délicates, suivant que les impuretés dont le tissu est souillé s'y trouvent combinées naturellement, par suite de l'état de la matière première, comme dans les cotonnades, la toilette et les soieries écrues, ou accidentellement comme dans les tissus de laine où le fil est imprégné d'un liquide gras. Le blanchiment et le décreusage des toiles, cotonnades et soieries constituent des spécialités qui rentrent dans le domaine de la chimie. Le dégraissage des draperies et l'épentissage pour l'extraction des corps étrangers sont des opérations plus mécaniques que chimiques. Les

Digitized by Google

machines à épeutir, distinguées déjà en 1855, se sont répandues depuis lors, au grand profit de l'industrie ; le type perfectionné de ces appareils figure dans l'exposition de MM. Schneider, Legrand, Martinot et C[ie], de Sedan. Les procédés de dégraissage se sont également améliorés avec la propagation de l'ensimage à l'oléine.

Machines à apprêter les tissus unis. — La section étrangère renferme deux calandres parfaitement exécutées et d'une grande puissance. La disposition et le nombre des rouleaux, les uns métalliques, les autres en papier, varient en raison de leur destination et suivant que la machine doit lisser, étendre et régulariser les surfaces ou finir et lustrer. Dans ce dernier cas, le nombre des organes et la pression augmentent, et les cylindres reçoivent parfois, outre le mouvement de rotation autour de l'axe, un mouvement de va-et-vient dans le sens latéral. Tous les détails de ces engins sont établis avec une grande précision et permettent de les centrer facilement, à mesure que les parties frottantes s'usent. Dans la section française figurent une machine à élargir et sécher les cotonnades et une machine à polir les soieries unies. La première, construite par M. E. Lacroix, de Rouen, se compose de deux séries de pinces réunies les unes aux autres par des chaînettes. Ces pinces, solidaires, glissent dans deux chemins en fonte parallèles dont l'écartement est variable, suivant la largeur des pièces, et s'ouvrent et se ferment automatiquement pour saisir l'étoffe et la tendre pendant son passage sur la machine. Celle-ci, munie d'un appareil sécheur à air chaud ou à vapeur et servie par deux personnes, apprête de 600 à 700 mètres de cotonnade par heure. La machine à polir les taffetas, de MM. Sallier et fils, remplace un travail manuel lent et pénible. Elle se compose d'une série de porte-polissoirs, animés de mouvements de va-et-vient, les uns dans le sens longitudinal de la machine, les autres dans le sens transversal ou diagonal ; le tissu à polir passe dans le plan horizontal où se meuvent ces

Digitized by Google

tringles, de façon à en recevoir l'action successive et méthodique : il en résulte un grain d'une grande régularité.

Machines à griller et à flamber. — Le gaz d'éclairage a été ingénieusement mis à profit dans les appareils exposés, pour enlever, dans certains cas, le duvet dont toutes les étoffes unies, à l'exception des soieries, sont garnies après le tissage. La combustion du gaz, maintenue à l'état de flamme bleue au moyen d'un courant d'air, variable d'intensité à la volonté de l'apprêteur, et dirigée à l'aide d'une disposition simple dans un sens plus ou moins perpendiculaire au plan de l'étoffe, sert également à lécher le fond des tissus de peluche et de velours de soie. Les étoffes les plus délicates sont flambées sur ces appareils, sans altération de la contexture ni des nuances ; la rapidité du passage à travers la flamme permet d'atteindre à un grillage de trois mille mètres carrés par heure.

Machines à feutrer, à fouler et à apprêter les produits de la chapellerie et de la draperie. — Les machines variées de cette catégorie sont très complétement représentées à l'Exposition et figurent dans les sections française, belge et prussienne. Elles ne se distinguent que par des perfectionnements de détails sans grande importance : les ingénieux appareils à bâtir et à feutrer les chapeaux, les foulons cylindriques pour la draperie sont restés à peu près ce qu'ils étaient aux dernières Expositions universelles. — Les machines à *lainer* ou à *garnir* les étoffes de laine ont été modifiées en vue d'augmenter la production avec un personnel moindre. Les divers systèmes de laineries à plusieurs contacts se sont multipliés, et permettent de donner à l'étoffe une régularité de tension indispensable à l'uniformité de l'apprêt. Les laineuses à chardons métalliques, imaginées pour supprimer l'emploi du chardon végétal, contribuent aujourd'hui au garnissage d'un certain nombre d'articles. Elles ont été l'objet de nouveaux perfectionnements de la part de M. Nos d'Argence, qui expose une

Digitized by Google

laineuse-velouteuse destinée à donner à la fois le garnissage et l'apprêt velouté.

Machines à onduler et à friser. — Le principe de ces machines, utilisées pendant le dernier siècle, avait été presque complétement abandonné. Repris depuis une quinzaine d'années, il a reçu un certain nombre de modifications, qui portent les unes sur les surfaces frottantes, les autres sur les transmissions de mouvements. L'Exposition présente plusieurs types, parmi lesquels se distingue une machine prussienne ; un léger changement dans le réglage fait varier l'excentricité de la table de friction, afin d'obtenir à volonté des effets ondulés, frisés, marbrés, rayés, etc. Les *tondeuses automatiques*, déjà si perfectionnées, sont construites avec un soin toujours plus grand ; la maison Thomas, de Berlin, augmente encore les avantages du système longitudinal en doublant sur le même bâti le nombre des appareils tondeurs. MM. Debial et C^ie^, de Verviers, ont consacré de nombreuses recherches à la fabrication des lames de tondeuses ; leurs produits démontrent la qualité et la régularité de la trempe obtenue sur des épaisseurs variables.

Les *Appareils à ramer et à sécher les draps* sont devenus depuis quelques années des machines simples et faciles à conduire qui ont aidé à remplacer, par une opération automatique, un travail manuel incommode et coûteux.

Des divers systèmes de rameuses, le plus nouveau figure dans l'intéressante exposition de l'inventeur, M. Tulpin aîné, de Rouen. L'appareil se compose essentiellement d'un tambour de quatre mètres de diamètre, formé de douze plaques creuses en tôle. Chacun de ces segments est chauffé par un tuyau de vapeur distinct et pourvu d'un tuyau d'échappement pour l'eau de condensation, de façon à établir, par l'intermédiaire de l'axe en fonte cloisonné en deux parties égales, une circulation constante et régulière. Le tissu, fixé à l'entrée de la machine par les deux personnes chargées de la surveillance,

Digitized by Google

s'enroule et se tend simultanément en longueur et en largeur, à mesure que le tambour tourne et livre une nouvelle longueur séchée. Cette rameuse a le double avantage de nécessiter relativement peu d'emplacement et de consommer une faible quantité de vapeur, en raison même de la disposition du chauffage. Elle présente, en outre, comme les appareils des autres systèmes, une continuité de travail et une rapidité d'action qui répondent aux exigences nouvelles de l'industrie.

Travaux techniques spéciaux. — Pour la première fois, nous voyons réunis au matériel industriel les ouvrages techniques et les projets de construction qui s'y rattachent. Le traité de la fabrication des velours de coton, par M. Édouard Gand ; les projets et dessins de MM. Seé pour l'établissement d'une filature de coton ; les travaux de M. Dauvergne, architecte du département de l'Indre, qui a exposé les plans complets de l'importante fabrique de draps de MM. Balsan et fils, forment autant d'études intéressantes, qui ont été appréciées par le Jury. L'un de nous étant l'auteur des Traités de la filature du coton et du travail des laines qui forment en quelque sorte le point de départ d'une encyclopédie des arts textiles, nous nous bornons à les mentionner.

§ 2. — Résumé et appréciations générales.

Lors de la dernière Exposition internationale, les spécialistes pouvaient constater, dans chaque branche de l'industrie, un certain nombre de *desiderata* qui ont disparu pour la plupart. Sans prétendre que la limite du progrès soit atteinte, il devient plus difficile d'indiquer les lacunes à combler. Pour le matériel du coton, qui conserve toujours le *premier rang*, les résultats entrevus en 1862 se sont réalisés déjà ou se réaliseront bientôt : les méthodes proposées pour travailler les nouveaux cotons se sont perfectionnées; l'application du pei-

Digitized by Google

gnage à la préparation de la fibre se propage chaque jour davantage; les métiers continus se multiplient et présentent de sérieuses modifications; les rendements de toutes les machines augmentent dans une large proportion; le prix d'achat des outils les plus compliqués, tels que les bancs à broches et les métiers self-acting, a subi une réduction considérable. Le chiffre de 0,80 par kilogramme est la meilleure preuve des efforts heureux tentés par les constructeurs. Le matériel des lainages cardés présente des résultats aussi remarquables, bien que le prix des machines soit un peu plus élevé, peut-être en raison de la variété et du nombre relativement restreint des appareils qui concourent à la confection du produit. Toutefois le système de lainerie le plus nouveau revient à peine à 1 franc le kilogramme. Les progrès réalisés dans la laine peignée sont au moins comparables aux précédents. Les fils de trames n° 114 étaient payés, en 1862, 5 fr. 75 c. le kilogramme, et les fils de chaîne n° 82, 5 fr. 25 c.; les mêmes coûtent aujourd'hui 2 fr. 85 et 2 fr. 35 c., tandis que les salaires ont été augmentés de 10 à 20 pour 100. Le prix de la journée des fileurs s'est élevé de 5 francs à 6 francs. Ces résultats sont la conséquence de l'augmentation du nombre de broches, par métier, porté depuis 1862 de *cinq cents* à *neuf cents*. Il n'en est pas de même du chanvre et du lin : la broche, prise pour unité de comparaison, coûte encore dans cette industrie 50 francs en moyenne, tandis que la broche pour laine est de 30 francs environ, et la broche pour coton de 15 francs seulement. Nous ne reviendrons pas sur les motifs de cet écart considérable, et nous avons le ferme espoir que la vulgarisation des connaissances théoriques, jointe à l'expérience et à l'habileté des constructeurs, qui ne cessent de donner des preuves de leur dévouement à la cause du progrès, feront bientôt disparaître cette infériorité. Rien ne s'opposera, dès lors, au développement parallèle de toutes les grandes spécialités textiles. Cette prospérité industrielle exigera des installations de plus en plus complètes et mieux

Digitized by Google

entendues pour répondre au double but du travail automatique; la machine ne deviendra pas seulement une source de richesse, elle constituera une œuvre d'émancipation. L'homme, soustrait par elle aux fatigues malsaines, aux labeurs écrasants, atteindra à son développement intellectuel et moral; de là aussi, pour les chefs, la nécessité de réunir autour d'eux une génération instruite et éclairée qui comprenne et dirige le progrès.

Digitized by Google

CLASSE 57

Matériel et procédés de la couture et de la confection des vêtements, par M. D'ALIGNY (Henry F. Q.), ingénieur des Mines, membre de la Commission scientifique des États-Unis.

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 57

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA COUTURE ET DE LA CONFECTION DES VÊTEMENTS

PAR M. HENRY F. Q. D'ALIGNY (1).

Les machines et outils exposés dans cette classe étant appliqués à trois industries bien distinctes, ce rapport sera divisé en trois chapitres: 1° *Chapellerie*, 2° *Fabrication de la chaussure*, 3° *Machines à coudre*.

CHAPITRE I.

CHAPELLERIE.

---

§ 1. — Chapellerie.

Le public visiteur a pu se faire une idée exacte des perfectionnements qu'a reçus cette industrie et de la place que la mécanique y a acquise, grâce à l'heureuse idée qu'a eue M. Haas, fabricant de chapeaux à Paris, de représenter pratiquement l'histoire de la chapellerie à l'Exposition Universelle.

Le poil soumis à l'action de la *Bastisseuse* est soufflé sur

(1) Voy. au tome IV (classe 35) le Rapport de M. Laville.

un cône aspirateur et forme la cloche du chapeau ; cette cloche, recouverte d'une toile mouillée, est plongée dans un bain d'eau chaude acidulée ; là, le feutrage prend une première consistance, qui va augmenter de plus en plus, sous l'action des rouleaux de la *Fouleuse*. La cloche, grande et presque informe avant d'être soumise à la fouleuse, en sort très-réduite, mais complétement feutrée. L'ouvrier la place alors sur un moule et lui donne la forme que doit avoir le chapeau. Après un séchage, le chapeau passe à la *Ponçeuse*; celle-ci enlève les irrégularités qui peuvent exister dans le feutre. La *Dresseuse* termine le travail et donne au chapeau sa forme définitive; elle le *passe*, c'est-à-dire que, par une pression à chaud, elle le rend brillant. Ensuite la machine à coudre prépare et pique les coiffes, et enfin borde les chapeaux. Comme on le voit, tout le chapeau se trouve entièrement fait à la machine.

Le succès complet et mérité de l'exposition collective de M. Haas, est le résultat nécessaire et prédit des innovations dues à M. Laville, et qui furent très-remarquées à l'Exposition de 1855. C'est, en effet, à M. Laville que revient le mérite d'avoir introduit dans l'industrie de la chapellerie l'usage pratique de la *Bastisseuse* et de la *Fouleuse* ; ces machines sont décrites dans le Rapport du Jury de 1855 (page 376), dans la Publication industrielle de M. Armengaud (vol. 10) et dans un excellent rapport, publié dans le *Travail universel* par M. A. Faure, ingénieur civil. Les conclusions de ce rapport sont frappantes; on croirait qu'elles furent écrites hier, et pourtant elles datent de 1855. Les voici : « Si l'on compare tout cet ensemble vrai-« ment neuf et simple, bien conçu, bien combiné, aux *plan-« kers* et *hardeners* des feutreuses mécaniques décrites dans « l'excellent ouvrage de M. Alcan, on comprendra pourquoi « j'ai voulu louer à fond la machine à fouler et à feutrer de « M. Laville. On sera édifié en même temps sur la somme de « persévérance et d'esprit inventif qui a dû être, qui a été dé-« pensée par l'inventeur de la machine, et aussi par le con-

« structeur qui en a étudié les agencements, sous l'inspiration « incessante du premier.

« Enfin, je ne dois pas oublier de dire que la fouleuse La- « ville peut fouler par jour 150 ou 200 chapeaux, servie par « deux enfants ou deux femmes et par deux ouvriers, occupés « à retourner les cônes en feutre après chaque passage. Si « l'on songe à l'incroyable développement de la fabrication des « feutres souples dans ces derniers temps, on comprendra « l'importance toute actuelle qui en résulte pour l'invention « de M. Laville, complément indispensable, second terme « obligé d'une fabrication mécanique, dont la bastisseuse, « d'importation américaine, est le premier terme, sans valeur « sérieuse, tant que le second n'existait pas.

« J'aurais voulu énoncer les améliorations simples et fé- « condes, je le crois, récemment imaginées par M. Laville « pour rendre sa machine propre au foulage des étoffes ; mais « il faut finir. Toutefois, je ne terminerai pas sans avoir dit « qu'il y a un plaisir vrai à pouvoir louer un homme qui, ou- « vrier intelligent jadis, rien de plus, a su créer d'abord une « fabrique devenue la plus considérable de Paris, où la cha- « pellerie est une industrie très-importante, en y introduisant « chaque année les méthodes les plus perfectionnées, en ima- « ginant bon nombre d'appareils utiles, rapides et bons. Je « dirai enfin : voici un homme qui, dans une industrie long- « temps stationnaire, a su arriver d'abord au progrès, *et enfin « à quelque chose qui me semble devoir être une révolution « complète* ; il est certainement arrivé à ce but par l'observa- « tion et l'étude incessante soit des conditions à remplir, soit « des phénomènes naturels qui s'accomplissent dans les phases « diverses de sa fabrication. »

M. Coq, mécanicien à Aix, construisait à forfait les bastisseuses Laville, et, depuis que le brevet en est tombé dans le domaine public, il s'est fait une spécialité méritée de la fabrication de cette machine; il y a apporté quelques perfectionnements qui en régularisent la marche.

Digitized by Google

MM. Mathias et Legat ont exposé un *Appréteur* ou *Dresseur mécanique*, qui a été avantageusement apprécié. Cette machine est basée sur une application toute nouvelle du caoutchouc. On pose le chapeau à *passer* sur un mandrin ou forme en métal et on le recouvre d'un lourd chapiteau que l'on visse fortement à la plate-forme du mandrin. Le fond de ce chapiteau est formé par un diaphragme en caoutchouc. Pour opérer la pression, on ouvre un robinet qui donne accès à un courant d'eau surchauffée. Cette eau, refoulée par une pompe hydraulique dans l'intérieur du chapiteau, comprime le diaphragme sur le chapeau dont il presse toutes les parties en lui donnant le lustre voulu. Cette machine, heureusement combinée, est appelée à rendre aussi de grands services dans plusieurs autres industries dans lesquelles il est nécessaire qu'une forte pression soit uniformément répartie sur des surfaces irrégulières ou accidentées.

§ 2. — Des couperies de poils pour chapellerie. — Statistique commerciale.

Les pelleteries, poils et fourrures appartiennent de droit à la classe 42 et leur application à la classe 35 ; pourtant l'industrie des couperies de peaux diverses fait partie du domaine de la classe 57, dont nous nous occupons ici. Nous nous faisons un plaisir de donner place à deux notices très-intéressantes de M. Othon de Clermont, dont les statistiques sont très-précieuses à consulter. La première notice fut lue, en 1866, à la Société d'encouragement, la seconde est inédite, et M. de Clermont a eu l'obligeance de la préparer pour ce Rapport.

1° *Notice historique sur l'établissement en France des couperies de peaux de lapin et de lièvre, et sur le développement de cette industrie.*

« La production de la matière première pour la fabrication des chapeaux de feutre est née avec cette fabrication même.

Digitized by Google

Au commencement du siècle, la fabrication des chapeaux n'était encore qu'un métier et non une industrie. A cette époque seulement se créèrent les détaillants de chapeaux, et alors des coupeurs de poils se détachèrent des fabricants de chapeaux. Vers 1825 ou 1826, des capitalistes essayèrent d'établir une couperie mécanique à la Briche, près Paris. Cet établissement, créé sur une assez grande échelle, fut arrêté par la crise qu'amena la révolution de 1830. Un événement d'une autre nature vint, à la même époque, porter le coup de grâce à l'industrie naissante ; ce fut la fabrication des chapeaux de soie, qui, remplaçant subitement celle des chapeaux de feutre, parut devoir supprimer presque totalement l'emploi des poils à feutrer. La couperie allait donc se mourant ; les prix des peaux de lièvre et de lapin baissèrent d'environ 65 à 75 francs le 100, de telle sorte que, ces prix n'étant plus rémunérateurs, le ramassage fut abandonné.

« Le poil n'avait plus d'emploi que pour les chapeaux de militaires, de prêtres et de paysans ; le citadin avait adopté le chapeau de soie. Les quelques coupeurs qui restaient, presque tous gens sans instruction, étaient incapables de chercher des débouchés dans l'exportation de leurs produits. Cependant un chapeau de feutre à larges bords, et qui, en France, était porté par les habitants de la campagne, était aussi très-goûté par les habitants des pays de l'Amérique et, comme la fabrication des chapeaux peut s'implanter plus facilement que toute autre dans des pays nouveaux, les gouvernements de tous les pays d'outre-mer ont eu soin de l'entourer d'une protection douanière.

« Ils frappaient le chapeau d'un droit considérable à l'entrée, et ils admettaient avec des droits faibles toutes les matières servant à sa fabrication (le pays ne produisant ni lièvres ni lapins). Sous l'empire de ces mesures, les fabriques se développèrent rapidement ; elles furent créées en grande partie par des Français habitués à travailler le poil qu'on préparait en France. Il y avait donc là une condition favorable pour nos

Digitized by Google

coupeurs ; mais, malheureusement, une législation douanière mal établie mettait obstacle à ce qu'ils en profitassent. La sortie des poils était prohibée en France ; nos compatriotes établis en Amérique étaient obligés d'employer les poils anglais et allemands, et ne recevaient qu'à grand'peine les petites quantités de poils français qu'il fallait sortir en fraude et, par suite, payer fort cher. Cette faible exportation et un débouché inespéré retrouvé dans la fabrication des galettes (fond sur lequel se collait la peluche du chapeau de soie) composaient, avec les fabrications spéciales dont nous avons parlé, toute la consommation en poils à feutrer. Aussi les couperies continuèrent-elles à végéter ; c'est à peine s'il se récoltait et se coupait par les couperies un million de peaux par an. Le prix moyen des peaux variait entre 15 et 20 francs les 104 peaux.

« Si, à partir de 1830, la prohibition à la sortie des poils eût été abolie, un commerce actif aurait pu s'établir avec les pays étrangers et on aurait conservé à la France une richesse considérable, qui se perdait, faute de débouchés.

« Cependant, malgré tous les obstacles que rencontrait l'industrie de la couperie, le travail parut se ranimer vers 1837. Le chapeau de feutre avait repris faveur, la consommation des poils allait en augmentant ; des industriels intelligents, se mettant de la partie, cherchèrent, dans l'intérêt bien compris du pays, à développer les relations qu'on entretenait en fraude avec l'étranger, et à réaliser des économies de fabrication, en remplaçant le coupage à la main, le seul employé alors, par des procédés mécaniques bien autrement puissants. On organisa le ramassage des peaux et on vit la récolte s'accroître d'année en année. Mais on venait toujours se heurter à la prohibition de sortie, contre laquelle s'élevaient des réclamations incessantes adressées par cette industrie spéciale au gouvernement pour se soustraire à cette humiliante exportation par la fraude.

« Vers 1842, le gouvernement, cédant en partie à ces réclamations, transforma la prohibition en un droit de sortie de

Digitized by Google

2 francs par kilogramme, ce qui représentait 20 pour 100 de sa valeur. Cette mesure eut peu d'effet, un tel droit restant prohibitif, puisque la fraude se faisait payer meilleur marché. Ce n'est qu'à la fin de l'année 1847 que le gouvernement accorda enfin la libre sortie des poils. Dès ce jour, une ère nouvelle s'ouvrit pour les couperies; elles avaient déjà, vers 1845, reçu une grande impulsion par la fabrication des chapeaux de feutre sans apprêt, dits chapeaux souples, qui fut imaginée en France et prit immédiatement un développement considérable. Des établissements spéciaux créés pour produire ces chapeaux absorbèrent des quantités considérables de poils. L'exportation, à la levée des droits, prit un rapide essor; elle vint compenser heureusement les désastreux effets de la révolution de 1848 sur la consommation intérieure. L'organisation du ramassage des peaux était en bonne voie; les marchandises arrivaient sur le marché, et les exportateurs, assurés d'être approvisionnés, n'hésitaient pas à prendre des engagements considérables avec les consommateurs étrangers, dont le nombre augmentait rapidement.

« En 1847 le marché de Paris, le plus important et même le seul important pour les affaires en peaux de lapins et de lièvres, recevait environ 2 millions et demi de peaux, qui se vendaient, en moyenne, de 20 à 22 francs les 104 peaux. C'est alors que l'exportation commença à se développer. Les tableaux de la douane créés à cette époque indiquent, pour 1848, une quantité brute de 50,740 kilogrammes de poil exporté. Si, de ce chiffre, on déduit le tiers, pour la tare des caisses et emballages, on obtient un poids net de 39,160 kilogrammes, lequel, à raison de 3 kilogrammes par 104 peaux, représente environ 1,350,000 peaux (1).

« Les relevés des tableaux de la douane pour les années postérieures présentent les résultats qu'on trouvera à la page suivante:

(1) Le produit moyen de 104 peaux est compté un peu fort à 3 kilogrammes. Il doit tomber entre 2 1/2 et 2 kilogrammes 3/4.

Digitized by Google

COMMERCE SPÉCIAL D'EXPORTATION (1).

Poils de lièvre et de lapin.

1848	Exportation, poids brut	....	58,740	kilogrammes.
1849	—	....	170,607	—
1850	—	....	131,470	—
1851	—	....	176.902	—
1852	—	....	297.986	—
1853	—	....	267,001	—
1854	—	....	295,032	—
1855	—	....	321,929	—
1856	—	....	404,498	—
1857	—	....	327,641	—
1858	—	....	697,132	—
1859	—	....	345,916	—
1860	—	....	353,510	—
1861	—	....	271,675	—
1862	—	.. ..	849,088	—
1863	—	....	1,241,210	—
1864	—	....	1,621,228	—

« Voilà l'exportation arrivée à l'énorme quantité de 1 million 621,228 kilogrammes en poids brut ou 1,067,000 en poids net de poil exporté ; ce qui, à 3 kilogrammes par 104 peaux, représente le produit de plus de 35 millions et demi de peaux, valant en moyenne, actuellement, 40 francs les 104 peaux, soit une valeur totale de près de 14 millions de francs.

« L'année 1862 déjà avait fourni à l'exportation une quantité double de celle demandée dans plusieurs années postérieures; et, en 1864, deux années plus tard, l'exportation doublait encore cette quantité.

« De là on pourrait conclure que la quantité de peaux produites par le pays est encore bien plus grande que nous ne le constatons aujourd'hui. L'expérience des années prochaines nous l'apprendra définitivement. Ce qui nous fait supposer

(1) Les pays étrangers qui nous demandent notre poil sont, principalement, les États-Unis, le Mexique, le Brésil, l'Italie, l'Association allemande, l'Espagne et le Portugal. L'Angleterre seule, restant immobile dans son esprit de routine, se passe absolument de notre poil français, et même de celui préparé chez elle-même, à la française, par la couperie la plus importante.

Digitized by Google

qu'une quantité encore bien plus considérable que celle constatée dans ce mémoire existe et qu'il ne tient qu'au ramassage de la livrer à l'industrie, c'est que les prix des peaux, depuis trois à quatre ans, sont restés sensiblement les mêmes. La plus grande facilité pour la vente n'a pas donné lieu à une augmentation, ce qui aurait été infailliblement le cas si l'article était devenu rare. Les chiffres fournis par la douane n'admettent pas d'appréciation ; nous n'avons qu'à les accepter, et, si nous voulons faire l'appréciation de la quantité de poil qui est fournie actuellement, presque sans exception, par les couperies de peaux à la fabrique de chapeaux indigènes, nous nous trouvons sans base certaine et livrés à une évaluation plus ou moins douteuse. Toutefois nous nous aidons de quelques chiffres fournis par la douane.

« La France a exporté, en 1864, pour une valeur déclarée de 10,087,570 francs de chapeaux de feutre ; il y a été employé, à raison de 100 grammes par chapeau, une quantité de poil de.............................. 147,100 kilog.

« En admettant ensuite une consommation, en France même, de 10 à 12 millions de chapeaux de feutre, soit en moyenne de 11 millions, on obtient, poil employé à 100 grammes par chapeau.............. 1,100,000

ce qui donne un total de............... 1,247,100 kilog.
de poil employé par la fabrique de chapeaux indigènes.

« Si nous en déduisons la quantité de poil importée et livrée à la consommation, d'après les relevés de la douane pour 1864, par brut............................. 329,359 kilog.
et en comptant un tiers, pour tare....... 109,785

soit, à déduire, au total................ 219,574 kilog.

nous trouvons le chiffre rond de 1,027,600 kilogrammes de poil de production française, ce qui, à 3 kilogrammes les

104 peaux, représente en chiffre rond..... 35,600,000 peaux
qui, jointes aux 35,500,000

dont le produit a été exporté, forment un
total de .... 71,100,000 peaux
presque toutes récoltées en France (1).

« En résumé, la couperie de peaux de lièvre et de lapin a pris le développement suivant : De 1830 à 1837, elle absorbait à peine 1 million de peaux par an, d'une valeur d'enviren 200,000 fr. Il n'y avait que des ateliers ignorés de tout le monde.

« De 1837 à 1848, la consommation annuelle de peaux dans les couperies atteignit 2,500,000 d'une valeur moyenne de 500,000 francs; elle donna naissance à plusieurs usines, munies d'un matériel industriel avec forces motrices. Enfin, en 1864, elle est arrivée à ne plus trouver une alimentation suffisante dans une récolte qu'on peut évaluer à 70 millions de peaux et qui, d'après le prix du jour, valent, en moyenne, 40 francs les 104 peaux, soit près de 27 millions de francs (2).

« Cette industrie occupe dans Paris seulement une quarantaine d'ateliers dont une quinzaine ayant des moteurs à vapeur. Il y a, en outre, en province, un nombre considérable de petits établissements.

« Il est à constater qu'à la suite de l'initiative de la France les mêmes faits se sont reproduits en Angleterre, en Belgique, et que l'industrie a même pénétré en Espagne et en Allemagne, où le ramassage des peaux s'organise et promet une nouvelle source de richesse à ces pays. »

(1) Il y a bien eu une importation de peaux de lièvres et de lapins en France, mais relativement peu importante. La douane a fourni, en 1864, pour une valeur de 1,066,205 francs; ce qui, à 40 francs, produirait plus de 2 millions et demi de peaux.

(2) En 1863, les registres de l'octroi de Paris accusent une entrée de : 193,899 lièvres et 1,914,579 lapins vendus aux halles. On admet qu'un dixième en sus est porté sous la rubrique « volailles et gibier » et n'est, par conséquent, pas compris dans le chiffre ci-dessus. Un relevé de l'octroi pour 1864 n'a pas encore pu être présenté.

Digitized by Google

2° *Notice sur la production européenne et le commerce des poils employés dans la fabrication des chapeaux de feutre.*

§ 1. — Qualités des poils.

« Les qualités des poils servant à la fabrication des chapeaux sont les suivantes et peuvent, selon l'importance de chacune, se classer comme il suit :

Poil de lapin domestique	2.500.000	kilogrammes.
— — de garenne	700,000	—
— de lièvre	300,000	—
— de castor		
— de rat musqué		
— de rat gondin	3,000	kilogrammes.
— de vigogne		
— de chameau et chevron		

§ 2. — Pays d'où l'on tire les peaux.

« L'élevage du lapin domestique réussit très-bien en France et en Belgique. En Angleterre il semble vouloir s'établir. L'Allemagne le néglige complétement. Il y a une certaine production de lapins domestiques en Pologne et en Hongrie, mais la récolte des peaux y est absorbée par la fourrure et par les petits chapeliers, de sorte qu'elle échappe à toute statistique.

La récolte des peaux de lapin domestique, en France, atteint annuellement de 70 à 80 millions de peaux ; en Belgique, de 12 à 15 millions. L'Angleterre fournit déjà quelques parties au commerce. En France, la récolte des peaux de lapin de garenne va en diminuant. La destruction de cet animal, nuisible à l'agriculture, se fait peu à peu, et, en évaluant la récolte des peaux de lapin de garenne, en France, à 4 ou 5 millions, on doit être près de la vérité.

« L'Angleterre et la Hollande, par contre, ont une récolte considérable de peaux de lapins de garenne, élevés dans les dunes et les terrains avoisinant la mer. La récolte de ces peaux, en Angleterre, peut être évaluée de 25 à 30 millions ;

Digitized by Google

celle de la Hollande est peu considérable. En Allemagne, on ramasse également cette sorte de peau; mais les quantités en sont si peu considérables qu'il y a difficulté à les évaluer. La peau du lapin domestique est beaucoup plus grande, beaucoup plus fournie en poils que celle du lapin de garenne; elle rend environ 40 pour 100 en plus. Si donc les 70 à 80 millions de peaux de lapin domestique de France produisent environ 2 millions de kilogrammes de poils, les 25 à 30 millions de peaux de lapin de garenne d'Angleterre ne produiront guère qu'environ 600,000 kilogrammes de poils. L'Espagne et le Portugal ont également une récolte de peaux de lapins de garenne, mais relativement peu importante. Elle reste généralement dans les pays de production.

« *Peaux et poils de lièvre.* — Les récoltes et les quantités sont moins faciles à constater que pour les peaux de lapin.

« La Russie fournit un grand nombre de peaux, dont les quantités toutefois sont variables; en outre, cet article est entre les mains de spéculateurs qui l'abandonnent et le reprennent sans régularité. On peut en dire autant pour la Suède, la Norwége, la Valachie, la Bosnie, la Turquie et la Syrie. L'Allemagne a une récolte régulière et considérable de peaux, mais il est difficile de l'évaluer, beaucoup de fabricants de chapeaux achetant les peaux dans leurs localités pour produire eux-mêmes le poil nécessaire à leur consommation. En laissant de côté ces quantités de peaux absorbées par le fabricant de chapeaux lui-même et quelques couperies de poils peu importantes, qui ne travaillent que pour leur voisinage immédiat, et en nous bornant aux établissements de couperie de poils de premier ordre, situées en grande partie à Francfort-sur-le-Mein et dans ses environs, nous croyons pouvoir faire l'évaluation suivante.

§ 3. — Pays où se produit le poil.

« Environ 4 millions de peaux de lièvre de Russie, de Suède,

Digitized by Google

de Norwége, d'Allemagne et d'Angleterre, sont coupées en Allemagne, et produisent environ 160,000 kilogrammes de poils. En outre, la Belgique et la France coupent environ 1 million de peaux de lièvre de même provenance, qui donnent environ 40,000 kilogrammes de poils. La France et l'Angleterre ont également une récolte de peaux de lièvre assez régulière, s'élevant à environ 2 millions de peaux pour chacun de ces pays et produisant un peu moins de 80,000 kilogrammes de poils.

« L'Espagne et le Portugal récoltent également des peaux de lièvre en petite quantité et d'un rapport très-inférieur. La Belgique et la Hollande ne produisent que des quantités insignifiantes.

« *Peaux et poils de castor, rat musqué et de rat gondin.*— Les peaux de ces animaux sont également recherchées pour la fourrure et, soit besoin ou mode, soit spéculation, les prix en atteignent parfois une hauteur qui ne permet plus leur emploi dans la couperie ou la chapellerie. Tout en constatant que, depuis de longues années, l'emploi de ces poils dans la chapellerie va en diminuant, il serait difficile de donner un chiffre tant soit peu exact de ce qui peut encore s'en employer. On peut dire environ 3,000 kilogrammes. Les peaux de castor et de rat musqué sont récoltées dans l'Amérique du Nord et le Canada. Les peaux de rat gondin, dans l'Amérique du Sud, les Républiques Argentine, l'Urugay et la Plata. La vigogne est d'un emploi très-restreint et nous n'en parlons que pour mémoire.

« *Poils de chameau et de chèvre.* — Produit de l'Égypte, de la Syrie et de la Turquie. Le chapeau fabriqué avec ces matières est tout à fait primitif et ne se vend plus que dans les localités où n'a pas encore pénétré la civilisation. Aussi toute évaluation nous serait impossible.

Digitized by Google

§ 4. — Pays de consommation.

« La fabrication du chapeau de feutre est très-répandue en Europe et en Amérique. Le nombre des petits fabricants ne travaillant qu'avec quelques ouvriers et à l'aide d'outils très-primitifs est fort considérable, et les établissements produisant en grand et à l'aide de machines est encore restreint. Les États de l'Amérique du Nord ont fait dans cette voie les plus grands progrès et nous y entraînent. Aussi la consommation aux États-Unis des poils produits par les couperies d'Europe est-elle énorme. La France leur a fourni pendant certaines années jusqu'à 40 pour 100 de sa production; l'Allemagne leur fournit 75 pour 100 de sa production; l'Angleterre et la Belgique leur en expédient également de grosses parties.

« La consommation en France est très-importante. La perfectionne de son chapeau de feutre lui assure une vente plus grande chez elle et une exportation considérables.

« Les plus grandes consommations se font ensuite en Allemagne, en Angleterre, en Italie, en Belgique, en Espagne, en Portugal, au Brésil, au Mexique et dans quelques-unes des Républiques américaines. »

CHAPITRE II.

FABRICATION DE LA CHAUSSURE.

L'industrie de la chaussure à vis remonte à 1844. C'est à M. Dumery, ingénieur civil d'un grand mérite, et à MM. Lefébure et Silvain Dupuis que la fabrication de la chaussure à vis est redevable de la plupart des innovations actuelles.

Digitized by Google

MM. Silvain Dupuis et Cie exposent tout un système de machines, au moyen duquel la chaussure est confectionnée automatiquement.

Une première machine colle et presse les épaisseurs du cuir qui doivent former les talons et les semelles; un *emporte-pièce* à balancier les découpe, tandis qu'un *cambroir hydraulique*, donne aux semelles le cambrage nécessaire ; il y a aussi une machine à lisser et cornifier les semelles. Dans les systèmes ordinaires, les semelles sont terminées après qu'elles ont été clouées ou cousues à la chaussure ; on les rogne au moyen de la râpe et du tranchet et on cornifie les bords avec un fer chaud qui les lisse. Pendant ces opérations, l'empeigne peut être coupée par le tranchet ou brûlée par le fer. Le système Dupuis remédie à cet inconvénient en terminant la semelle avant de la fixer à la chaussure. Quand ces quatre machines ont préparé les différentes pièces de la chaussure, on procède au montage.

La machine à monter reçoit les formes, droites ou gauches, sur un même pied de biche, qui est adapté à la machine ; l'ouvrière place d'abord une semelle intérieure sur la forme ; puis elle monte l'empeigne et la tend au moyen d'une série de petites tenailles dépendant toutes de la machine, et à l'aide desquelles, sans efforts ni fatigue, elle opère une tension considérable ; la semelle intérieure est liée à l'empeigne par une rangée de petits clous. Cette opération achevée, on passe au *Vissage*.

La semelle qui doit terminer la chaussure est placée bien exactement sur la forme, et y est fixée provisoirement au moyen de deux vis ; puis l'ouvrière termine le travail par une rangée de vis tout autour de la semelle. Le talon est fixé de la même manière. La *machine à visser* comprime l'empeigne entre les deux semelles avec une pression de trois cents kilogrammes. C'est sous cette pression qu'elle visse les deux semelles ensemble. Au moyen d'une cisaille mécanique, on coupe les bouts de vis qui dépassent, et les bavures laissées par la cisaille sont elles-mêmes usées avec une meule à émeri. Les

talons sont terminés par le *fraisage*, qui leur donne la forme et la tournure qu'ils doivent avoir. Toutes les coutures et piqûres sont exécutées à la machine à coudre.

Par les procédés de la maison Dupuis, on peut fabriquer les chaussures aux formes et aux usages les plus variés. On exécute avec autant de rapidité que de facilité les grosses bottes de chasse ou les souliers de bal. Ce genre de fabrication a l'avantage d'être économique et expéditif; les chaussures sont étanches et ne peuvent être que d'excellente qualité, parce qu'il n'y a que des cuirs de première qualité qui puissent résister aux tensions auxquelles ils doivent être soumis au montage.

On ne saurait trop louer MM. Dupuis et Cie des efforts qu'ils ont faits pour introduire et vulgariser l'usage de la chaussure à vis. Ils sont arrivés à un succès mérité. Ils fournissent non-seulement au public des produits d'une bonne qualité, mais encore ils procurent aux ouvriers un travail sain et lucratif; les trois quarts de leur personnel se composent de femmes; en un mot, ils ont mis à la portée des femmes cette industrie de la chaussure, qui ne leur fournissait jadis que des travaux secondaires et très-peu rétribués.

Le tableau qui suit donnera une idée de la progression des affaires de cette maison depuis 1855:

ANNÉES.	1855	1861	1867
Production par jour.	233 paires.	273 paires.	373 paires.
Production par année.	70,000 paires.	82,000 paires.	105,000 paires.

La distinction qu'ont reçue MM. Dupuis et Dumery a été la juste récompense des services importants qu'ils ont simultanément rendus à l'industrie et à la classe ouvrière féminine, en créant et en perfectionnant la fabrication de la chaussure à vis.

Digitized by Google

M. Lemercier expose une machine à visser les chaussures, que l'on a déjà vue fonctionner aux Expositions précédentes. C'est une machine ingénieuse, qui tient peu de place, qui peut être mue soit à la main, soit par vapeur. Cette machine est surtout destinée aux fabricants de chaussures qui ne possèdent qu'un espace restreint et un outillage limité.

L'*Apprêteur mécanique* de M. Touzet remédie à certains inconvénients de la fabrication des tiges ; jusqu'ici les élastiques étaient cousus directement aux tiges et doublés après coup ; la couture ne tardait pas à les couper et à les détruire promptement. Au moyen de son apprêteur automatique, M. Touzet rabat l'étoffe et la doublure, colle l'élastique entre le double et coud le tout ensemble ; l'élastique est alors protégé contre les coupures du fil par deux doubles de chaque côté. M. Touzet a imaginé des guides adaptables aux machines à coudre et qui sont spéciaux à son genre d'industrie. Ce sont des dévideurs de biais et de galons, et des bordeurs mécaniques.

Il n'y a que la France qui expose des machines affectées à l'industrie de la chaussure. Cela tient probablement à ce que la chaussure à vis n'est pas encore aussi répandue qu'elle devrait l'être à l'étranger. En Allemagne, en Angleterre, et surtout aux États-Unis, on fait un grand usage de la chaussure clouée, qui est en général exécutée à très-bas prix dans les prisons d'État ou dans les maisons de correction.

CHAPITRE III.

MACHINES A COUDRE.

Il est inutile de revenir sur l'histoire de la machine à coudre ; chacun en comprend aujourd'hui l'importance et en apprécie les services. Tous les systèmes exposés au Champ-de-Mars l'ont déjà été aux Expositions Universelles précédentes

Digitized by Google

et ont été expliqués, décrits et discutés, soit dans les rapports des Jurys, soit dans les publications industrielles.

Depuis 1855, les machines à coudre, à broder, à soutacher ont été considérablement simplifiées et perfectionnées. Les seules machines réellement nouvelles sont les *machines pour faire les boutonnières* ; elles compléteront la révolution opérée par les machines à coudre.

Les machines à faire les boutonnières sont de deux genrees: les *machines spéciales* et les *machines mixtes*.

1° *Machines spéciales aux boutonnières*. Ces machines deviendront aussi indispensables à la confection que les machines à coudre. Il y a deux systèmes, tous deux automatiques: le premier est le *système Wheeler et Wilson*, de New-York (États-Unis), inventé par deux frères, mécaniciens très-habiles, MM. James-A. House et Henry-A. House (breveté le 11 novembre 1862). Tout le mécanisme, très-simple du reste, est renfermé dans un coffre installé sous la table de travail et mû, comme toutes les machines à coudre, soit par la pédale, soit par la vapeur.

Le trou de la boutonnière, préalablement percé à l'emporte-pièce, étant placé immédiatement au-dessus de la fente du coffre qui contient le mécanisme, la machine est mise en mouvement; aussitôt on voit sortir de cette fente deux aiguilles qui, par leur mouvement alternatif de bas en haut et de haut en bas, revêtent la boutonnière de ganse ou de cordon et en couvrent les bords régulièrement et solidement par un point croisé double à deux fils. Ces aiguilles, parties de l'extrémité de la boutonnière, la suivent tout du long ; arrivées à l'œillet, elles tournent sur elles-mêmes en le recouvrant de fil, et reviennent au point de départ en longeant et mordillonnant l'autre bord de la boutonnière.

Cette machine opère avec une rapidité merveilleuse. Sous les yeux du Jury, elle a confectionné en 24 secondes trois boutonnières de 0m04 de long dans un drap d'hiver très-épais.

Digitized by Google

L'avantage de cette machine sur toutes les autres de l'Exposition est d'éviter de retourner et de conduire l'étoffe. Elle peut faire des boutonnières de toute grandeur et de toute forme.

Le second système est celui de la compagnie *Union button hole and embroidery*, de Boston (États-Unis). La machine a l'apparence d'une forte couseuse à navette; l'aiguille supérieure fonctionne verticalement; c'est le mécanisme inférieur qui produit le point de boutonnière. Ce système est l'inverse de celui de Wheeler et Wilson. L'étoffe se meut et tourne tandis que les aiguilles fonctionnent sur place. L'étoffe est fixée sur une plaque tournante qui, par un mouvement de translation rectiligne d'abord, puis rotatoire, et rectiligne en dernier lieu, vient amener toutes les parties de la boutonnière sous l'aiguille verticale.

C'est une machine très-ingénieuse, qui fait des boutonnières excellentes et de toutes grandeurs, mais qui a l'inconvénient d'être lourde et compliquée, et qui, de plus, exige que l'étoffe ou le vêtement soient retournés et mis en marche pendant le travail; enfin, le bâti qui contient la transmission de l'aiguille supérieure et la supporte est très-encombrant, surtout quand on a de larges pièces à manœuvrer.

2° *Machines mixtes à faire les boutonnières.* Ce sont des machines à coudre ordinaires, qui, par un changement, soit de certaines pièces, soit de certaines transmissions, peuvent être transformées en machines à faire des boutonnières.

Il y a trois systèmes:

Le *système de Wheeler et Wilson*, de New-York (États-Unis), qui est encore dû à MM. House; il consiste à remplacer la plate-forme de la machine à coudre par une plaque spéciale, qui, par une transmission très-simple, est douée d'un double mouvement d'oscillation et de translation; le mouvement d'oscillation, combiné à l'action de l'aiguille supérieure, sert à former le point de boutonnière, tandis que le mou-

Digitized by Google

vement de translation fait avancer l'ouvrage sous cette même aiguille.

Les boutonnières ainsi obtenues sont arrêtées aux deux bouts par la machine et sont identiques à celles que l'on fait en lingerie. Avec ce système on peut même coudre des boutons; il faut pourtant avouer que bien que ce tour de force s'exécute à la machine avec beaucoup de facilité, il n'économise pas la main-d'œuvre ; il permet seulement aux fabricants qui exposent des ouvrages très-élaborés de lingerie de dire que tout a été cousu à la machine, voire même les boutons.

Le système Bertram et Fanton (États-Unis) est analogue au précédent ; il est, du reste, appliqué par ses inventeurs, et exclusivement applicable aux machines à coudre du système Wheeler et Wilson. La plaque ou guide à boutonnières est soumise aux mêmes mouvements d'oscillation et de translation, au moyen de transmissions différentes. Le point est le même.

Le *système American button hole Company*, de Philadelphie (États-Unis). On l'applique à une couseuse ordinaire, dont la partie inférieure contient les organes qui servent, soit à la couture, soit aux boutonnières; on rend fixe l'un de ces organes par un simple débrayage ; alors on peut exécuter, soit la couture ordinaire, soit des boutonnières, selon que l'organe laissé libre est celui de la couture ou celui des boutonnières. Cette machine fait des boutonnières très-belles et de toutes grandeurs, à l'usage des tailleurs, mais qui ne peuvent pas être employées en lingerie.

Brodeuse et soutacheuse. La « couso-brodeuse » de M. Hugand donne des résultats très-remarquables en broderie, soutache et application d'Angleterre. C'est une machine du genre de celle que M. Magnin exposait en 1855 ; elle fonctionne avec des crochets au lieu d'aiguilles et peut opérer sur quatre fils.

Digitized by Google

Les bobines sont installées sous la plaque de travail. Cette machine, très-ingénieuse bien qu'elle donne des résultats très-satisfaisants, peut être améliorée par des simplifications auxquelles le fabricant songe déjà.

Couseuse à deux navettes et à fils poissés, pour voiles, sacs, etc., de M. J. Coignard, de Nantes. C'est une puissante machine avec laquelle on exécute simultanément les deux coutures parallèles des joints des grosses voiles, à raison de deux mètres par minute. La navette perfectionnée de M. Coignard lui permet d'employer de très-gros fils goudronnés.

Machines à canon, spéciales pour la cordonnerie. Elles permettent de piquer les tiges, de rabattre, etc., en un mot d'exécuter tous les genres de travaux sur le cuir. Dans la construction de ces machines, le type Howe est le plus généralement adopté ; deux maisons américaines en font leur spécialité. La Compagnie des machines Howe (*Howe machine Company*), de Bridgeport (États-Unis), a obtenu une récompense pour ses machines. La seconde maison est celle de A.-B. Howe, dont les produits ont été avantageusement remarqués.

Machines à coudre proprement dites. — Ces machines n'ont pas donné lieu à d'autres innovations que celles qui viennent d'être mentionnées dans la description des machines mixtes à faire les boutonnières. Les constructeurs se sont surtout appliqués à créer et à combiner des guides spéciaux qui permettent d'exécuter, à la machine, les ouvrages les plus variés et les plus compliqués, et cela avec une régularité qui défie le travail à la main.

La liste suivante va donner une idée de ce que l'on peut faire avec ces guides :

Guides à aller droit, à ourler, à rabattre, à marquer pour ouater, à ouater sans marquer, à ourler avec chaînette à l'endroit (cravates, etc.), à ourler et ganser en même temps (para-

Digitized by Google

pluies, etc.), pliant une fois pour lisière et deux fois sans lisière, à border et ourler en même temps, à border toute espèce d'étoffe, à border (bonneterie), à border les courbes intérieures (cordonniers et tapissiers, etc.), à dérouler (bonneterie), à ganser automatiquement, presse-étoffe à ganser, à faire les petits plis (devants de chemises et jupons, etc.), couteau à poser la ganse, à plier et à coudre des bandes en biais, à plier et coudre des bandes en biais avec une ou deux piqûres, à soutacher en dessus de l'étoffe, à soutacher avec deux soutaches, à froncer et soutacher en même temps, à froncer, à broder, à coudre les rubans de crinolines en dessus, à coudre les rubans de crinolines en dessous, à piqûres parallèles pour crinolines, à zigzag, etc., etc.

Si l'on est frappé de la variété des travaux qui peuvent être exécutés à la machine, on ne le sera pas moins en jetant les yeux sur un tableau comparatif préparé par la maison Wheeler et Wilson, de New-York, qui indique le temps nécessaire pour confectionner certains ouvrages à la main et à la machine, puis le nombre de points exécutés par minute, soit à la main, soit à la machine.

GENRE DE TRAVAIL.	CONFECTION à la machine.		CONFECTION à la main.	
Chemise d'homme	1 h.	16 m.	14 h.	26 m.
Habit	2	38	16	35
Gilet de satin	1	14	7	19
Gilet de toile	»	48	3	14
Pantalon de drap	»	51	3	10
— d'été	»	38	2	50
Robe de soie	1	13	8	27
— de mérinos	1	04	8	27
— de calicot	»	57	6	37
Chemise de femme	1	01	10	31
— de laine	»	33	7	28
— de mousseline	»	30	7	01
Caleçon	»	28	4	06
Robe de chambre	1	07	10	02
Tablier de soie	»	15	4	16
— uni	»	09	1	26

Digitized by Google

GENRE DE TRAVAIL.	NOMBRE DE POINTS PAR MINUTE		RAPPORT.
	à la main.	à la machine.	
Piquer de la toile fine	23	640	28
— du satin	24	520	22
— de la soie	30	550	18
Coudre du drap fin	38	594	16
— du cuir fin	7	175	25
Assemblage des guêtres	28	510	18
Piqûres de tiges	10	210	21
Border les chapeaux	33	374	11

On peut classer les machines à coudre d'après le nombre des fils qu'elles emploient et le genre de points qu'elles exécutent.

Il y a trois genres de points :

1° Le *point de chaînette à un fil.* — Il est identique au point de crochet ou de tricot ; un côté de la couture ressemble au piqué, au point arrière, et l'autre à une broderie chaînette. Ce genre de couture se déraille facilement.

Le *point bouclé à retors, à un fil* (*système Willcox et Gibbs, de New-York*). — Ce point diffère du point de chaînette ordinaire en ce que chaque boucle est tordue avant que la boucle suivante passe par la première pour s'entrelacer avec elle, ce qui produit une couture forte et très-élastique. La torsion et la formation des boucles sont obtenues par un double crochet automatique et rotatif très-simple, qui fonctionne avec une rapidité et une sûreté remarquables. La couseuse Willcox et Gibbs peut fonctionner à la vapeur avec une vitesse prodigieuse, et cela sans bruit et sans vibration, ce qui tient à ce que le mécanisme en est réduit pour ainsi dire à sa plus simple expression : un arbre faisant tourner le double crochet automatique et deux excentriques, dont le premier commande la marche de l'aiguille supérieure et le second règle l'avancement de l'ouvrage.

Digitized by Google

Une disposition très-ingénieuse empêche la machine de fonctionner à contre-sens; une balle de caoutchouc est logée entre le bâti et le volant, et reste libre tant que le mouvement se fait dans le bon sens; mais la balle fait coin et s'oppose à la marche du volant dès qu'il tend à tourner en sens contraire.

La maison Willcox et Gibbs a construit et inventé de très-nombreuses variétés de guides, qui permettent d'exécuter tous les ouvrages imaginables de couture. C'est du catalogue de cette maison que la liste des guides mentionnés plus haut a été extraite; le Jury les a vus fonctionner et en a été très-satisfait.

Nous devons insister ici sur un malentendu qui a eu lieu pendant l'examen du Jury et qui a été fâcheux pour la maison Willcox et Gibbs. Dans la section française, MM. Gritzner et C^ie exposaient des machines du système *Willcox et Gibbs*, mais le catalogue officiel n'en indiquait pas la provenance; le Jury, ne sachant pas que ces messieurs étaient des agents accrédités de la maison Willcox et Gibbs, à Paris, pensa que les machines exposées étaient des imitations, ou que, si elles étaient les véritables machines, elles faisaient là un double emploi et seraient examinées et jugées dans la section des États-Unis. Dans tous les cas, on ne pouvait accorder de récompense à MM. Gritzner pour des machines qui n'étaient pas fabriquées par eux. Malheureusement pour eux, MM. Willcox et Gibbs avaient pensé que la représentation de leur maison dans la section française était suffisante et n'avaient rien exposé dans le département des États-Unis.

Si l'explication de ce malentendu avait été reçue à temps, il est certain que la maison Willcox et Gibbs, de New-York, aurait obtenu une récompense importante, que ses machines méritent à tous égards par leur simplicité, leur excellente construction et la perfection de leur fini.

2° Le *point de chaînette à deux fils* est formé de deux fils

Digitized by Google

passant réciproquement l'un dans la boucle de l'autre. Il se déraille presque aussi facilement que le point de chaînette à un fil et demande beaucoup plus de fil, $6^{m}50$ par mètre de couture.

3° Le *point lié à deux fils ou point de navette*, ainsi nommé parce qu'il fut exécuté en premier lieu par les machines à navette ; il est indécousable et forme un piqué symétrique de chaque côté de l'étoffe ; l'entre-croisement des deux fils se fait au milieu même de l'épaisseur de l'étoffe.

En prenant pour unité la longueur de fil nécessaire au point noué, le rapport entre la quantité de fil exigée pour chaque point s'établit comme il suit :

Point lié ou point de navette	(deux fils)	1. »
Point de chaînette	(un fil)	1. 8
Point de chaînette	(deux fils)	2. 5

Deux systèmes sont usités concurremment : le *système Elyas Howe junior*, qui est le plus ancien, exécute le point lié avec la navette ; le second, plus simple, exécute le même point sans navette. Il est dû à MM. Wheeler et Wilson, de New-York.

1° *Système Elyas Howe Jr ou à point lié à navette*. Le point lié devrait s'appeler *point Howe*, car il a été conçu et exécuté par cet infatigable inventeur. Les métiers de tisserand lui ont très-probablement fourni l'idée de la navette. Dans la couseuse, la navette traverse, en y laissant son fil, la boucle déjà faite par l'aiguille supérieure et forme le point lié. Dans le métier de tisserand, la navette joue un rôle tout à fait analogue par rapport à la trame.

Le Jury de 1867 a réparé l'oubli des Jurys des Expositions précédentes, en accordant à M. Elyas Howe junior, « promoteur de la machine à coudre, » une récompense de coopérateur ; c'est une justice rendue aux longues et utiles recherches de M. Elias Howe.

L'usage de la navette, pour les couseuses à point lié, a

Digitized by Google

donné lieu à plusieurs modèles de machines dont les transmissions, bien que très-ingénieuses, ne laissent pas que d'être assez compliquées et d'appeler conséquemment de nombreux perfectionnements et à des simplifications.

Pour produire les mouvements alternatifs nécessaires, on a le plus généralement eu recours aux cames à rainures et aux excentriques; ces transmissions, très-lourdes d'ailleurs, occasionnent, non-seulement beaucoup de frottements et d'usure, mais encore des vibrations très-nuisibles, sinon fatales à la machine et qui, du reste, fatiguent l'opérateur par leur bruit.

Les navettes, toujours trop lourdes, s'usent vite; pour remédier à cet inconvénient, on les rend plus lourdes encore, ce qui est une grave erreur; car du même coup, on augmente inutilement les frictions et les vibrations. Les navettes sont munies de canettes qui ne contiennent pas assez de fil et la tension de ce fil laisse encore beaucoup à désirer, bien que de nombreux perfectionnements aient été proposés et essayés.

Les machines à navette les plus logiques et qui donnent les meilleurs résultats, sont celles dans lesquelles les mouvements alternatifs de la navette et de l'aiguille supérieure sont commandés par des bielles et des manivelles dont les points morts correspondent à ceux de la navette et de l'aiguille. Ces machines sont néanmoins sujettes aux vibrations inhérentes au mouvement alternatif de la navette.

En résumé, les machines à navette exécutent une bonne couture, très-solide: mais elles sont bruyantes, lourdes, massives et des plus fatigantes à faire fonctionner.

2° *Système Wheeler et Wilson, point lié sans navette.* — La description de la machine a déjà été donnée par les Jurys des Expositions précédentes. Le Jury de 1867, comme ceux de 1855 et de 1862, considère ce système comme le plus simple; la machine est construite suivant les règles de la bonne mécanique et dans les meilleures conditions. La navette

Digitized by Google

à mouvement de va-et-vient est remplacée par un disque qui a la forme de deux croissants juxtaposés et tourne dans un plan vertical ; ce disque reçoit une bobine lenticulaire, contenant cinq ou six fois plus de fil que les navettes, et au moyen de laquelle on obtient une tension très-satisfaisante du fil. Ces machines, étant indépendantes des cames à rainures, sont légères et fonctionnent sans vibration et sans bruit. Il faut, du reste, que les fabricants soient bien sûrs de l'excellence de leurs produits, puisqu'ils garantissent leurs machines pendant quatre ans, non-seulement contre tout vice de construction, mais encore contre l'usure et tous frais de réparation.

MM. Wheeler et Wilson, de New-York, ont une exposition très-remarquable ; le Jury leur a accordé une récompense, non-seulement pour la perfection de leurs machines à coudre, mais encore pour leurs machines spéciales et mixtes à faire les boutonnières, qui sont appelées a rendre de très-grands services dans la couture.

CHAPITRE IV.

CONCLUSION.

En comparant l'exécution des machines à coudre exposées au Champ-de-Mars, on est frappé de la supériorité du fini et de la régularité de la fabrication des machines américaines. Cela tient à l'extension immense que cette fabrication a prise aux États-Unis. Les manufactures de machines à coudre sont établies sur une très-grande échelle ; leur organisation ne peut être comparée qu'à celle des grandes armureries des États-Unis ou d'Angleterre. L'outillage est magnifique et admirablement adapté à la fabrication ; les pièces sont fabriquées par des procédés rigoureusement mathématiques, de sorte que deux machines d'un même calibre sont complétement identiques et que, sans montage ni ajustage ultérieur, les

Digitized by Google

pièces de l'une viennent s'adapter exactement sur celles de l'autre.

Si l'on vient à casser une pièce de sa machine, il suffit d'en envoyer le nom avec le numéro du calibre de la machine, et la fabrique lui en expédie une autre du même modèle, qui s'ajuste avec toute la précision désirable.

Il serait intéressant de pouvoir donner ici une statistique générale de la marche ascensionnelle de cette industrie ; malheureusement, il n'y a que des documents très-incomplets et d'une véracité douteuse. Voici cependant un tableau qui donnera une idée de l'importance de cette fabrication pour la seule maison Wheeler et Wilson.

ANNÉES	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859
Nombre de machines fabriquées............	799	956	1.171	2.210	4.591	7.978	21.306
ANNÉES	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866
Nombre de machines fabriquées............	25.102	18.556	28.202	29.778	40.062	39.157	50.132

La réduction que l'on remarque en 1861 fut causée par la guerre civile, qui suspendit les exportations dans les États du Sud. Le nombre total des machines fabriquées par la maison Wheeler et Wilson est actuellement de 300,000.

Les constructeurs européens ont exposé des machines certainement bien faites, et la liste des récompenses prouve que le Jury a tenu bon compte des mérites des produits qu'il a eu à examiner. Pourtant on est forcé d'avouer que la comparaison des machines européennes et des machines américaines donne un avantage marqué à ces dernières.

Les bonnes maisons européennes ne produisent guère que 300 machines par mois, soit 15,000 par année. Ce chiffre est

Digitized by Google

bien inférieur à celui de la production des bonnes maisons des États-Unis.

Si le progrès absolu consiste à faire mieux et à meilleur marché, on est dans la nécessité de reconnaître que la fabrication des machines à coudre n'a fait qu'un progrès relatif. Les machines ont été l'objet de perfectionnements et de simplifications, et elles donnent aujourd'hui de bons résultats, mais elles coûtent beaucoup trop cher, et leur prix n'a encore donné lieu à aucune diminution sensible.

Cette question de prix est d'une importance vitale, quand on songe que la machine à coudre est intimement liée aux intérêts des classes ouvrières spéciales et nombreuses, aussi bien qu'à ceux de chaque famille en particulier.

Une bonne machine à coudre, complète, telle qu'il en faut une à une ouvrière habile, coûte 400 francs : quelle est donc l'ouvrière qui, gagnant 2 francs ou 2 fr. 50 par jour, peut parvenir à se procurer cet outil si utile à son bien-être et à l'amélioration de sa position? A quoi bon lui dire qu'avec une machine elle peut gagner 5, 6, voir même 7 francs par jour, si on ne lui en facilite pas l'acquisition?

Les grandes maisons de confection sont seules capables de se procurer ces outils dispendieux, mais elles sont seules aussi à bénéficier de leurs avantages. Elles continuent à payer l'ouvrière 2 francs ou 2 fr. 50 par jour, seulement elles la font coudre à la machine au lieu de la faire coudre à la main.

La machine à coudre ne sera une source réelle de bien-être pour les classes ouvrières et les familles modestes que lorsqu'on la rendra accessible aux petites bourses.

Il est certain que les machines à coudre sont vendues à 100 pour 100 au-dessus du prix de revient.

Les grandes maisons maintiennent les prix élevés, parce qu'elles défient la concurrence et qu'elles ne veulent pas renoncer à leurs immenses bénéfices ; tandis que les maisons de moindre importance, trouvant leur intérêt à maintenir ces prix

Digitized by Google

élevés, ne s'aventurent pas à faire la moindre concurrence. De plus, et pour couronner l'œuvre, quelques mécaniciens, alléchés par les bénéfices énormes provenant de la vente des machines à coudre, se constituent « fabricants de machines à coudre ». Ils adoptent un modèle qui ne présente rien de nouveau que par des détails insignifiants, et leurs machines sont bien inférieures à celles qui sortent des grands ateliers et coûtent encore plus cher, bien que nominalement elles soient cotées à meilleur marché.

Pour rendre l'achat de la machine possible aux ouvrières, il faudrait d'abord en réduire de beaucoup le prix, ce qui est très-possible ; ensuite, il conviendrait d'organiser des institutions de crédit analogues au *Crédit philanthropique de l'omnibus du travailleur*, qui fonctionne admirablement, rue Coquillière, sous la direction de M. Valich : ou bien encore, il serait bon de créer une caisse spéciale de cotisation, à laquelle les ouvrières, dès leur enfance, viendraient verser leurs modestes apports. Cette caisse de cotisation serait l'intermédiaire entre le fabricant de machines et l'ouvrière. On éviterait ainsi les commissions onéreuses, qui augmentent beaucoup trop le prix des machines; en les achetant en gros, la caisse de cotisation les obtiendrait à meilleur compte.

Une ouvrière déposant une cotisation hebdomadaire de 40 centimes serait, au bout de dix ans à la tête de 300 francs, somme qui devrait être plus que suffisante pour lui fournir une bonne machine à coudre, achetée dans les conditions qui viennent d'être indiquées. Si l'ouvrière avait commencé ses cotisations à l'âge de huit ans, une fois arrivée à dix-huit, elle serait à même de choisir une machine à coudre, qui lui permettrait d'améliorer sensiblement sa position.

Quelques fabricants de machines à coudre vendent, il est vrai, leurs produits à crédit et à longue échéance. Ce système permet à nombre d'ouvriers d'acquérir un outil indispensable, pour lequel ils versent des à-compte mensuels; pourtant, il y a des inconvénients, car en cas de maladie ou de force ma-

Digitized by Google

jeure, si l'à-compte n'est pas payé au fabricant, il a le droit de reprendre sa machine, et l'ouvrier perd ainsi le bénéfice de tous les versements déjà faits.

Trois choses sont donc nécessaires, sinon indispensables, pour l'introduction générale des machines à coudre chez l'ouvrière et dans les familles modestes : 1° réduction des prix de vente ; 2° organisation d'une institution de crédit ou d'une caisse de cotisation, sous les auspices et la direction de personnes charitables et influentes; 3° prévoyance des parents des jeunes ouvrières et des ouvrières elles-mêmes, dès qu'elles commencent à gagner un salaire, et cotisation modeste, mais assidue, pour assurer les ressources nécessaires à l'achat d'une machine au comptant et à bon compte.

Digitized by Google

CLASSE 58

Matériel et procédés de la confection des objets de mobilier et d'habitation.

(Voyez, pour cette Classe 58, la Classe 54, dont M. TRESCA a fait le rapport, et où il a traité à la fois les sujets les plus importants des deux classes.)

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 59

Matériel et procédés de la papeterie, des teintures et des impressions, par M. Laboulaye, ancien fondeur, membre du Jury International de 1862; M. Auguste Doumerc, directeur des papeteries du Marais et de Sainte-Marie; et M. Normand, ancien constructeur-mécanicien.

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 59

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA PAPETERIE, DES TEINTURES ET DES IMPRESSIONS

PAR MM. DOUMERC, LABOULAYE ET NORMAND.

CHAPITRE I.

IMPRESSION DES ÉTOFFES ET DES PAPIERS PEINTS.

§ 1. — Matériel de la teinture et des impressions sur étoffes.

Les machines employées dans les opérations de la teinture sont fabriquées en grand nombre dans les ateliers des mécaniciens de Rouen, auxquels sont dues plusieurs d'entre elles. M. Tulpin aîné, constructeur, de cette ville, a mis à l'Exposition plusieurs intéressants et nouveaux spécimens de ces constructions qui ont pour objet, tant de remplacer par des machines une partie du travail coûteux des ouvriers que d'utiliser le travail mécanique pour obtenir directement des résultats industriels. Nous citerons, dans la première catégorie, la machine à laver les écheveaux, dans laquelle une élégante et simple communication de mouvement fait à la fois tourner et osciller, avec un mouvement de va-et-vient, les rouleaux autour desquels sont passés les écheveaux. Dans la seconde doivent être cités les hydro-extracteurs, fondés sur une curieuse

Digitized by Google

application de la force centrifuge, et qui ont fourni à l'industrie un précieux moyen de séparer les solides et les liquides aussi énergiquement qu'on le désire, en accroissant suffisamment la vitesse. Les progrès de la construction ont amené cette machine à être d'un maniement simple et facile. Les plateaux et cônes de friction donnent le moyen d'atteindre facilement et progressivement des vitesses considérables, et de bonnes dispositions du pivot permettent de diminuer les résistances en augmentant la stabilité du système en mouvement.

§ 2. — Machines à sécher par la chaleur.

C'est le plus souvent par la chaleur que doit se faire le séchage des étoffes. La grande machine à vanner et à sécher de M. Tulpin est destinée à effectuer cette opération pour la draperie principalement. Elle consiste essentiellement en un grand tambour (3^{m}97), formé par deux feuilles de tôle parallèles, réunies par de nombreuses entretoises, entre lesquelles est reçue la vapeur à haute pression. On obtient ainsi une résistance très-grande, avec des tôles d'épaisseur assez faible, et l'on rend le chauffage régulier, en ne faisant parcourir à la vapeur qu'une faible partie de la circonférence, en multipliant les tuyaux d'entrée pour la vapeur, et de sortie pour l'eau condensée. Le tissu est tendu à son entrée sur le tambour et maintenu par des chaînes sans fin à picots.

M. Masselot, teinturier à Paris, a fait une heureuse application de ces picots sous forme d'épingles mobiles, pour tendre hélicoïdalement une étoffe entre deux cercles montés parallèlement sur un même axe, ce qui permet de la soumettre dans d'excellentes conditions à toutes les opérations de la teinture.

§ 3. — Impression des étoffes.

Le grillage au gaz des étoffes, qui précède l'impression de la plupart des tissus, a toujours offert cet inconvénient, lors-

Digitized by Google

que le tissu tendu transversalement passait à travers le dard de la flamme, que non-seulement le duvet de la surface, mais aussi des filaments de l'intérieur étaient brûlés, de telle sorte que l'étoffe devenait plus transparente et perdait le plus souvent de sa valeur par cette opération. Cet inconvénient a été fort heureusement évité, dit-on, par une machine anglaise, qui n'est pas connue, et aussi par celle de M. Tulpin, qui figure à l'Exposition. L'étoffe, au lieu de traverser la flamme du gaz, vient la côtoyer en passant sur un rouleau, et le duvet extérieur seul est brûlé ; aussi cet appareil, dont tous les détails sont parfaitement entendus, est-il adopté avec empressement par l'industrie.

La machine à imprimer a reçu un perfectionnement notable ; elle a été disposée pour être mue directement par une machine à vapeur spéciale, comme on tend à le faire pour tous les outils importants, dont la rapidité, à un moment voulu, est une condition essentielle de production avantageuse. C'est ainsi qu'est disposée la machine à six couleurs mise à l'Exposition par M. Ducommun, de Mulhouse, dans laquelle un bâti triangulaire, uni par un axe rotatif avec celui qui porte les rouleaux et tout ce qui est nécessaire pour leur fonctionnement, supporte deux cylindres à vapeur agissant sur deux manivelles placées à angle droit. On évite ainsi, sans volant, le point mort, et, en tournant le robinet d'entrée de la vapeur, l'imprimeur peut aller aussi vite qu'il le désire, quand tout est disposé pour une bonne fabrication. Ajoutons que la machine dont nous parlons est encore remarquable par des dispositions qui permettent d'imprimer avec des rouleaux de diamètres très-différents.

§ 4. — Impression des papiers peints.

La révolution qui se poursuit dans l'impression des papiers peints par l'emploi de machines à cylindres gravés en relief, que les Anglais, grâce à leur persévérance, ont récemment

Digitized by Google

amenées à l'état pratique, n'était représentée à l'Exposition par aucune construction anglaise. Ici, comme dans quelques autres cas, les véritables créateurs paraissent ne pas avoir désiré attirer l'attention générale sur leurs machines encore peu connues et s'être méfiés des imitateurs. La maison Bialon, de Berlin, qui, sous le nom du prédécesseur, Hummel, a exploité la perrotine de M. Perrot, de Rouen, dans tout le nord de l'Europe, a seule exposé deux intéressantes machines nouvelles, destinées à l'industrie des papiers de tenture. La première est une machine à foncer, au moyen de brosses multiples, douées de mouvements épicycloïdaux, répartissant parfaitement la couleur sur le papier tendu entre deux cylindres. La seconde est une machine à six cylindres en relief, représentant l'ancien métier à surface perfectionné des Anglais, longtemps conservé à Manchester pour l'impression des étoffes. On y a levé assez bien la difficulté de l'encrage des surfaces en relief, avec des couleurs épaissies seulement à la colle, en faisant rouler le cylindre sur un feutre qui, seul, passe dans la couleur et ne se charge que d'une épaisseur uniforme de matière. Ces machines transforment aujourd'hui la fabrication des papiers peints communs, en permettant leur production rapide et à bon marché, lorsque le débouché est assez étendu pour payer les frais de la gravure des rouleaux.

§ 5. — Gravure pour l'impression des étoffes.

Le tour pantographe pour la gravure des rouleaux, qui avait été fort admiré à l'Exposition de Londres, ne figurait pas à celle de 1867 ; mais une disposition qui rappelle les résultats produits par cette machine se retrouve dans l'emploi du pantographe fait par M. Paul (Nicolas), de Mulhouse, pour la gravure des grandes planches de cuivre destinées à l'impression des foulards. En faisant tourner la planche autour du centre du système, il accumule successivement dans chaque secteur une série d'éléments, et, par suite, couvre la planche, par

Digitized by Google

un travail assez facile, de gravures multiples, qui répondent à une œuvre de la main très-considérable.

La gravure des rouleaux pour l'impression des étoffes ne s'est pas modifiée depuis 1862. Une machine à couper les hachures et à tracer des hélices inclinées, de M. Ducommun, de Mulhouse, est d'une excellente disposition. M. Feldtrappe, un de nos plus habiles et de nos plus anciens graveurs, expose des rouleaux dont les fonds sont recoupés de manière à garder une grande quantité de couleur, et permettent d'imprimer par application des fonds très-chargés. Les rouleaux de M. Pigache, gravés en relief, pour gaufrage, et celui de M. Bordes, qui porte des gravures en relief de timbres-poste, disposées de manière à pouvoir être imprimées à l'encre grasse, avec une très-grande économie, comme M. Godchaux peut le faire en taille-douce, sont encore des échantillons curieux de ce genre de travail. Enfin un graveur de Barcelone, M. Montels, a exposé deux rouleaux très-finement gravés, qui font honneur à l'industrie catalane.

CHAPITRE II.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA PAPETERIE.

---

§ 1. — Fabrication.

L'industrie de la fabrication du papier a éprouvé, depuis quelques années, des modifications profondes dans les conditions économiques de sa production. L'on ne doit point perdre de vue que, dans les principaux États de l'Europe, cette industrie s'est établie et développée sous le régime factice d'une protection poussée jusqu'aux extrêmes limites : la prohibition absolue de l'exportation des matières premières.

Les traités de commerce successivement conclus entre plu-

Digitized by Google

sieurs pays, en substituant à la prohibition de simples taxes décroissantes, ont déjà amené, et, dans un avenir prochain, compléteront le nivellement naturel des conditions où se trouveront placés les fabricants des différentes contrées.

Ainsi qu'il était facile de le prévoir, le matériel de cette industrie a dû se transformer, dans une certaine mesure, afin de répondre aux nouveaux besoins économiques créés par la législation. La transformation la plus profonde a nécessairement porté sur la partie du matériel qui sert à préparer la pâte même du papier. Aux chiffons, matière la plus favorable à la bonne fabrication, mais dont la rareté relative augmentait démesurément le prix, les fabricants de papier ont adjoint différentes matières filamenteuses brutes, dont la qualité est plus ou moins appréciée, mais qui viennent, en tout cas, combler une lacune considérable dans une industrie spécialement intéressante à cause de son rôle dans la propagation des connaissances humaines. Il y a urgence absolue à ce que les produits de cette industrie suivent le développement de la diffusion des lumières; car, à côté des produits de luxe pour les beaux livres et les gravures, dont la fabrication se perfectionne encore chaque jour, de larges débouchés seront ouverts aux produits ordinaires, qui sont, d'ailleurs, les plus nombreux, et qui doivent servir à l'enseignement public par les publications à bon marché. Après avoir essayé successivement l'emploi de presque tous les végétaux filamenteux pour les faire entrer directement dans la composition des papiers ordinaires, les fabricants se sont arrêtés à un petit nombre de ces végétaux qui réunissent, à un haut degré, la ténacité des fibres avec le bon marché de leur traitement chimique et leur abondance dans la nature. Les pailles de blé, de seigle et d'avoine, le sparte ou alfa d'Espagne et d'Afrique, le jute de l'Inde sont les plus employés. La transformation de tous ces végétaux en leurs fibres élémentaires ne nécessite généralement pas d'appareils spéciaux. Le traitement consiste essentiellement dans l'emploi successif de lessives caustiques et de blanchiment au chlore ou

Digitized by Google

à l'oxygène naissant (ozone). La plupart des appareils usités dans les papeteries peuvent, avec de légères modifications, se prêter à ces traitements. Aussi n'a-t-il été présenté à l'Exposition aucune machine spéciale.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne le travail du bois pour sa conversion en pâtes propres à la fabrication du papier. Une machine ingénieuse et bien perfectionnée depuis quelques années, est exposée dans la section du Wurtemberg, par son inventeur, le docteur Völter et ses constructeurs, MM. Decker frères. Très-habilement conçue et calculée en vue de la résistance à l'action énergique du défibrage du bois par un frottement transversal aux fibres, et du classement des filaments par degrés de finesse successive, cette machine a servi de type pour la construction des appareils analogues qui fonctionnent en assez grand nombre déjà en France, en Belgique et surtout en Allemagne. Les produits fabriqués par ce procédé n'ont peut-être pas une très-grande valeur commerciale au point de vue de la fabrication du papier, et ne sauraient entrer dans la composition du papier un peu fin, mais leur emploi se généralise, notamment en Allemagne, pour les papiers écoliers d'écriture et d'impression, et à ce titre, la machine Völter méritait la distinction qu'elle a obtenue.

Le broyage des pâtes à papier, en général, s'effectue dans des appareils qui n'ont été que peu modifiés depuis quelques années. La pile en fonte présentée par MM. Varrall, Elwell et Poulot, est d'une construction satisfaisante à tous les égards. Ses dimensions sont convenables, et le mode de lavage bien compris en fait un instrument qui réalise le dernier perfectionnement de cette industrie. Un autre appareil à broyer, raffineuse continue à force centrifuge, est une invention américaine, importée, il y a quelques années, sous le nom de *Pulp-engine* ; elle n'a pas tenu tout ce que les inventeurs se promettaient de son application à la papeterie.

Après le broyage, les pâtes subissent une épuration préalable avant d'être travaillées sur la machine à papier.

Digitized by Google

Cette opération importante a fait imaginer de nombreux appareils. Parmi ceux qui sont exposés en 1867, on peut remarquer l'épurateur de MM. Bryan Donkin, de Londres, construit d'après un plan excellent et très-soigné dans l'exécution. Celui de MM. Varrall, Elwell et Poulot, plus simple dans sa forme, est, dans sa partie essentielle, composé de plaques de bronze finement découpées, qui proviennent d'Angleterre. On peut regretter de n'avoir vu figurer que comme dessin l'épurateur d'Ibotson, qui jouit d'une grande faveur parmi les fabricants de papier.

En ce qui concerne la machine à papier continu, l'espace considérable qu'elle occupe et les exigences spéciales de son installation ont détourné nos plus importants constructeurs de France et d'Angleterre d'exposer cet ingénieux et intéressant appareil. Il est très-regrettable de ne pouvoir comparer simultanément les machines à papier de MM. Bryan Donkin de Londres, Bertram d'Edimbourg, Varrall Elwell et Poulot de Paris, Jouffroy Lhuillier de l'Isère, avec la seule machine exposée, celle de MM. Dautrebande et Thiry, de Belgique. Cette machine est le spécimen d'une bonne fabrication courante ; elle réunit la plupart des améliorations successivement imaginées dans les dernières années et les résultats de la pratique des habiles fabricants belges, MM. Godin, de Huy. Le mode d'embrayage des presses, les systèmes pour guider la toile métallique et les feutres, ainsi que la disposition spéciale des dévidoirs, méritent d'être appréciés. L'usage de ces machines d'une grande largeur semble devoir se généraliser, au fur et à mesure que les fabricants de papier tendent davantage à l'accroissement de leur production et à la spécialisation des sortes.

Nous devons ajouter que le prix relativement peu élevé de cette machine à papier la recommande aux usiniers qui doivent transformer leur ancien matériel pour suivre les progrès de cette industrie.

Digitized by Google

§ 2. — Façonnage du papier.

Les différents appareils pour le façonnage du papier ont été notablement perfectionnés dans ces dernières années, et des machines spéciales ont été adaptées à chacun des genres de travail, glaçage, rognage, fabrication des enveloppes, etc.

Les machines à couper le papier ne présentent pas une grande variété de types. Les constructeurs tendent évidemment à simplifier le mécanisme et à diminuer l'espace occupé. Le mouvement continu remplace le mouvement alternatif, et la marche oblique du couteau est presque exclusivement adoptée.

Le type anglais est représenté en France par une machine très-élégante et d'une excellente construction, de M. Poirier, avec l'emploi de bielles substituées aux excentriques, et avec un plateau mobile, se réglant à volonté, pour donner une coupe verticale, quelle que soit la déviation occasionnée par une mauvaise lame. Une autre machine du même type, par MM. Heim frères, du grand-duché de Hesse, est établie avec flasques ou montants mobiles, reliés à la partie inférieure par une entretoise portant un galet à chaque extrémité. Deux excentriques agissent sur les galets, en transmettant au couteau un mouvement uniforme. Dans ces deux machines, l'obliquité du couteau varie suivant la courbe que décrit la bielle qui relie le porte-lame au bâti. L'emploi de deux vis, commandées par deux engrenages et par un même levier, dans le but de faire descendre parallèlement le presse-papier, ne nous paraît praticable que pour les formats exceptionnels de grande dimension.

Deux autres machines françaises, de M. Boildieu et de M. Coisne, se distinguent par leur mécanisme placé à la partie supérieure. Cette disposition prend plus de place; mais elle permet d'utiliser le dessous de la machine. Dans la machine de M. Boildieu, le diviseur, composé d'une vis actionnant le râteau, porte un limbe divisé indiquant les millimètres.

Ce diviseur, placé sur le côté de la machine, agit sur le râteau sans l'intermédiaire d'engrenages, et est moins gênant que les diviseurs à tringles.

Le laminoir à papier exposé par M. Poirier, est étudié avec soin et est d'un luxe d'exécution qu'on ne rencontre pas habituellement dans les machines de ce genre. La disposition des coussinets, qui permet de regagner l'usure par l'emploi de coins qui agissent sur des parties mobiles, donne la possibilité d'annihiler le jeu. Les laminoirs à table de cristal, exposés par M. Lecoq, sont très-usités pour les épreuves photographiques. Ils se distinguent par la disposition nouvelle d'un mécanisme donnant une pression rigoureusement uniforme au moyen d'un arbre à leviers opposés, agissant sur les coussinets en dehors du centre du cylindre; on obtient l'équilibre en serrant l'une ou l'autre des vis qui agissent sur le centre des faux coussinets de l'arbre à leviers, lequel, arrivé au bout de sa course, est forcé de tourner dans le sens opposé à la résistance.

La machine à faire les boîtes de carton pour allumettes-bougies est très-remarquable et fonctionne à la vapeur. Le carton, découpé préalablement en petits rectangles à coins arrondis, comprenant le fond et les côtés de la boîte ou de son couvercle, est introduit à la main, pièce par pièce, dans la machine ; là, il s'emboutit, les côtés se plient, et, bien qu'ils ne soient réunis entre eux que par une pression énergique exercée au moyen de quatre cames agissant ensemble sur l'excès de carton résultant des plis formés aux angles, la soudure est parfaite, et ces boîtes de petite dimension sont suffisamment solides pour l'usage auquel elles sont destinées.

La machine de M. F. Chappellier pour arrondir les angles des cartes à jouer est simple et ingénieuse ; les cartes ainsi façonnées jouissent d'une réputation bien méritée.

Machine à faire les enveloppes. — La machine à enveloppes, qui, nouvelle à l'Exposition de 1851, attirait l'attention

Digitized by Google

générale, est devenue une machine simple et d'un prix modéré, dont le type est bien fixé par la pratique. Celle que M. Poirier a exposée, fonctionne rapidement et légèrement; le repliement par petits volets du papier découpé se fait sans bruit désagréable. La fabrication des enveloppes, sacs et petites boites, est devenue un jeu pour les mécaniciens, au moyen de quelques variations de détail de la machine dont nous parlons, par l'emploi d'un piston rectangulaire et de volets à charnières, toutes les fois que l'importance de la fabrication permet de payer les frais d'établissement d'une machine de ce genre.

§ 3. — Formes et feutres.

La classe 59 comprend encore différents objets concourant plus ou moins directement à la fabrication du papier. Telles sont les *formes* ou *moules* pour fabrication du papier à bras. Des spécimens trop peu nombreux de ces formes ont été exposés. Parmi eux, l'on a signalé les produits de M. Stones, de Londres, comme aussi parfaits que possible, quant à la justesse, à la solidité de la forme et à la beauté des filigranes. M. Stones expose aussi des toiles métalliques sans fin pour machine à papier continu, dont la régularité et le travail sont remarquables. Cette même industrie, qui compte également des fabriques importantes en Allemagne et en Espagne, est particulièrement développée en France dans deux contrées où les papeteries sont nombreuses : à Angoulême et en Alsace. Les toiles métalliques des environs d'Angoulême sont les seules exposées; elles méritent de fixer l'attention par leur bonne exécution. Par suite d'une erreur de classement, les toiles métalliques d'Alsace, notamment celles de MM. Louis Lang, dont la qualité est généralement appréciée par les fabricants de papier, figurent à la classe 40 comme métaux ouvrés.

Les feutres pour papeterie constituent, aussi bien en France que dans les pays voisins, une branche importante de com-

merce. La France et l'Angleterre sont particulièrement en possession des fournitures des principales papeteries. Toutefois, les fabricants anglais s'étant, cette année, complétement abstenus de faire juger leurs produits, du moins dans la classe 59, l'on a distingué, entre toutes, les fabrications de MM. Chrétien, Debouchaud, Mattard, Verit et C^ie^, d'Angoulême, et celles de M. L. Binet d'Annonay, comme les plus parfaites. Le renom dont jouissent ces deux maisons pour ces articles est d'ailleurs européen.

CHAPITRE III.

MACHINES ET MATÉRIEL DE LA TYPOGRAPHIE ET DE LA LITHOGRAPHIE (1).

§ 1. — Machines à fondre les caractères.

La machine américaine à fondre les caractères d'imprimerie, heureuse et complète transformation de l'essai imparfait de la machine de Didot Saint-Léger, a conservé entièrement le moule à la main du fondeur placé devant une pompe qui lance le métal; les mouvements de ce moule y sont effectués par des combinaisons de leviers et d'excentriques. La grande régularité des produits que cet outil, si parfaitement combiné, a permis d'obtenir, depuis l'origine de l'imprimerie, semblait expliquer une partie des succès de la machine américaine, et, par suite, il semblait inutile de chercher à la modifier en ce point. Cependant l'expérience a montré que le moule, combiné en vue d'un maniement intelligent, offrait plus d'un inconvénient quand il faisait partie de la machine à fondre. C'est un inventeur anglais, M. Johnson, qui, le premier, a indiqué le

(1) Voir le rapport de M. Paul Boiteau (Classe 6).

Digitized by Google

mode de perfectionnement dont nous voulons parler, et qui consiste essentiellement à former le moule d'une entaille à faces parallèles, pratiquée dans une barre prismatique, entaille ayant en largeur exactement la force du corps du caractère à fondre. Dans cette entaille se meut, à frottement doux, un piston rectangulaire qui la remplit exactement, de telle sorte que, selon la hauteur à laquelle il sera fixé, il restera, entre la pièce de recouvrement qui est appliquée sur la partie supérieure de la barre prismatique et l'extrémité du piston, un vide égal au volume d'une des lettres du caractère à fondre. On voit que ce système donne une identité absolue de force de corps à toutes les lettres et permet de les faire sortir de l'entaille sans jamais les fausser, en soulevant la pièce allongée sur laquelle elles reposent. L'exécution de cette pièce, qui, outre la lettre, comprend partie du jet pyramidal, offre quelque difficulté pour que, malgré l'échauffement, elle puisse se mouvoir facilement et cependant ne pas laisser pénétrer de métal le long des parties glissantes. C'est surtout pour les types de dimension un peu forte que cette machine, simplifiée et améliorée par MM. Fouché et Laval, offre des avantages notables sur la machine à fondre américaine.

§ 2. — Procédés de gravure.

Les nouveaux procédés de gravure que l'on a vus fonctionner à l'Exposition de 1867 sont ceux de M. Dulos et de M. Gaiffe, qui avaient déjà paru, moins complets, à l'Exposition de 1862. Le procédé de M. Dulos, fondé sur la propriété des surfaces métalliques d'être mouillées ou non mouillées par le mercure ou un amalgame convenable, suivant leur nature, et sur l'emploi de la galvanoplastie pour obtenir à volonté des surfaces dans des conditions différentes, en les recouvrant, par exemple, de fer ou d'argent, a reçu entre les mains de son habile inventeur d'élégantes applications. On doit espérer que ce procédé verra son emploi s'agrandir, grâce à l'ha-

bileté du graveur qui, chez M. Dulos, ne le cède en rien à l'inventeur. Il a montré déjà dans l'exécution des timbres-poste de l'empire ottoman tout le parti qu'on pouvait tirer de son idée pour obtenir des gravures infalsifiables par la superposition de gravures de caractères arabes sur un fond finement travaillé. La gravure de la photographie, qui constitue la surface de la planche métallique en deux états différents, doit, surtout avec l'aide des procédés Poitevin, être ainsi réalisée aussi parfaitement qu'on peut l'espérer; il reste bien entendu qu'on ne saurait, dans cette voie, viser à obtenir la fermeté de la gravure au burin, qui procède par lignes de courbure et non par ombres seulement.

M. Gaiffe, qui s'était occupé d'abord de la gravure des rouleaux pour l'impression des étoffes à l'aide de l'électricité, a reporté ses efforts sur la reproduction des planches plates. Il opère à l'aide d'une espèce de tour à portrait, de deux plateaux dans un même plan, rencontrés par une barre porte-outils, qui donne au système les propriétés de réduction et d'agrandissement du pantographe. La pointe sèche parcourt par spirales successives la surface de la planche-type, gravée en taille-douce et dont les tailles sont remplies de résine. C'est seulement quand la pointe atteint ces parties non conductrices que, le courant électrique cessant d'atteindre la seconde pointe, celle-ci n'est plus soulevée par l'électro-aimant, et, poussée par le ressort antagoniste, enlève le vernis d'un élément correspondant à celui de la planche-type. Ce procédé, qui peut trouver d'utiles applications pour l'ornementation industrielle, offre l'inconvénient de remplacer les lignes continues par une suite de points qui, quelque rapprochés qu'ils soient, ne laissent pas moins subsister une discontinuité fâcheuse, dès qu'elle est sensible.

§ 3. — Presses mécaniques typographiques.

La fabrication des presses mécaniques typographiques a

Digitized by Google

pris en France un très-grand développement; il est tel, en effet, qu'il se confectionne, à Paris, pour plus de 1,500,000 francs de presses, dont le tiers environ est expédié à l'étranger. Ce succès est dû aux perfectionnements apportés dans la construction, à la rapidité d'exécution des machines, et aussi au bon marché auquel nos constructeurs sont arrivés à pouvoir les livrer. L'Allemagne, l'Angleterre, la Belgique, les États-Unis ont présenté des échantillons de leurs produits; mais, à part la maison Kœnig et Bauer, de Bavière, qui rivalise, pour la bonne construction, avec nos meilleurs établissements, on peut dire en toute sincérité que la supériorité est acquise à la France.

Le système de presses dans lequel l'impression se fait simultanément à deux couleurs est aujourd'hui entré dans la pratique. Deux machines de ce système, d'une excellente construction, figurent à l'Exposition. Elles ne diffèrent que par le mode de distribution. Le problème a été complétement résolu au moyen de deux compositions, passant alternativement sous le même cylindre, qui fait deux révolutions avant d'abandonner la feuille, laquelle n'est plus soumise au repérage ordinaire. La pointure est employée pour le tirage du verso seulement. La disposition de la table à marger en dessous du cylindre a permis d'utiliser toute la course de la machine, en laissant les pinces en prise jusqu'à la fin de la seconde impression. Un des marbres d'une de ces machines, composé de deux plateaux en forme de coins réunis, donne la faculté d'augmenter ou de diminuer le foulage de l'une des formes, ce qui est un avantage pour la mise en train, lorsque l'une des formes est plus compacte que l'autre et nécessite une pression plus grande. Ces deux machines, construites, l'une par M. Dutartre, et l'autre par MM. Kœnig et Bauer, paraissent avoir atteint le dernier degré de perfection pour ce genre d'impression, qui est appelé à un assez grand avenir. En effet, ce n'est pas seulement à la juxtaposition de deux couleurs, comme dans les impressions liturgiques en rouge et noir que, ces

Digitized by Google

machines nous paraissent destinées, mais encore à des impressions teinte sur teinte, fournissant des ressources nouvelles au dessinateur pour faire valoir les points brillants et adoucir les demi-teintes. Il y a là un nouveau filon à exploiter pour un artiste de talent.

M. Dutartre expose une nouvelle presse en blanc, à simple ou à double touche, sans augmentation de course, destinée aux tirages de grand luxe. Cette presse sera, dans certains cas, appelée à rendre d'utiles services. Le cylindre peut, à volonté, par le jeu d'un débrayage, laisser faire au marbre une ou deux fois sa course par feuille imprimée. Le système de distribution est amélioré par l'addition d'un cylindre intermédiaire, qui distribue l'encre avant de la déposer sur la table. Les rouleaux toucheurs sont commandés par des engrenages, et ne reçoivent plus leur impulsion par le contact avec les caractères; en même temps, ils s'inclinent sur la table à encrer, et augmentent ainsi la puissance de la distribution. Dans une autre machine, exposée par MM. Maulde et Wibart, on est arrivé à diminuer l'usure des organes du temps d'arrêt, en augmentant les surfaces de contact par l'emploi d'un secteur à plusieurs dents au lieu d'une, et à éviter le déplacement des feuilles par une disposition de pointures à guides perpendiculaires à la table de marge. La machine destinée à l'impression des timbres-poste, de M. Alauzet, est construite avec élégance. Son mouvement est à retour rapide; il s'opère à l'aide du levier oscillant à rainure; dans la rainure, passe le bouton de la manivelle. C'est la première machine établie avec des engrenages de précision à dents inclinées. Les rouleaux toucheurs sont munis de rouleaux dits *cavaliers*, à distribution forcée, au moyen de vis sans fin.

Les presses à deux cylindres faisant la retiration sont très-répandues; les principaux typographes de Londres, entre autres, continuent à se les procurer en France. L'emploi de la décharge permet de les utiliser aux ouvrages de luxe. La bonne construction et la rapidité de ces machines les main-

Digitized by Google

tiennent au premier rang. Cela est surtout vrai pour celles qui sont construites par MM. Perreau et Cie.

C'est ici le lieu de parler d'un appareil de réglure qui s'adapte aux presses à retiration. Cet appareil de réglure à la molette et à l'encre grasse, de MM. Blot et Tournier, fonctionne simultanément avec le tirage typographique ; il est adapté à la presse exposée par M. Rebourg, et a déjà reçu quelques autres applications. Un appareil analogue, faisant partie d'une presse en blanc exposée par MM. Klein, Forst et Bohn, de Johannisberg, figure aussi dans la section prussienne. Il ne diffère que par le mode de serrage des segments formant cames, qui limite à volonté la réglure ; mais il ne présente pas le tube en caoutchouc qui recouvre, dans l'appareil français, la tringle à tourillons sur laquelle sont espacées les molettes. Dans cette presse, les faux cordons sont supprimés et remplacés par un double jeu de pinces, qui sert à détacher la feuille du cylindre, et qui la force à s'engager dans un jeu de cordons qui la conduisent au receveur.

Une presse typographique spéciale pour la réglure, de M. Méténier, laquelle ne figure pas à l'Exposition, se fait remarquer par l'emploi du caoutchouc, placé sur les cylindres mêmes ; il en résulte que l'élasticité est plus sensible que dans le système dont il vient d'être parlé. La marge se fait automatiquement, au moyen d'un pousseur mécanique, formé par un levier garni de tampons en gomme mélangée de poudre de ponce, laquelle, par son adhérence à la feuille, en assure l'entraînement ; mais le succès de cette opération, qui permet d'introduire jusqu'à cent feuilles à la minute, n'a pu être obtenu qu'à l'aide d'une lame de canif, dont la pointe et le tranchant, en pénétrant à l'arrière des feuilles, ont pour effet de n'en laisser passer qu'une seule à la fois. Le plateau qui supporte le papier s'élève graduellement, afin de le maintenir constamment à la hauteur du pousseur de M. Brissard, de Tours.

Les presses dites à réaction, à trois et à quatre cylindres,

les seules employées, pour ainsi dire, au tirage des journaux français, ne figurent pour ainsi dire pas à l'Exposition. Ce système est représenté par une seule presse à deux cylindres, de M. Alauzet, tirant 5,000 exemplaires à l'heure. Elle est munie du mode de transmission de M. Normand. Une presse à six cylindres, du même genre, de MM. Perreau et Cie, tirant 8,000 exemplaires à l'heure, et que nous avons vue fonctionner au *Moniteur universel*, n'a pu être installée pour l'ouverture de l'Exposition. On peut dire que le système de presses à réaction, qui permet l'impression sur caractères mobiles, est toujours préféré à tout autre pour les journaux français dont le tirage ne dépasse pas 20,000 exemplaires.

M. Gaveaux expose une machine à deux cylindres, établie d'après un nouveau système de son invention. Ce système, très-ingénieux, consiste à diminuer la course de moitié, en donnant aux cylindres en même temps qu'au plateau qui reçoit les formes, et en sens inverse, un mouvement de déplacement horizontal. La disposition des cylindres de marge en élévation a permis l'emploi de receveurs mécaniques. Les modifications à faire subir à quelques détails de la machine exposée, première réalisation d'une idée nouvelle exécutée rapidement, n'ont pas permis de constater les avantages que l'on pourrait espérer de cette combinaison.

La machine rotative à gros cylindre de M. Hoë (de New-York), tirant en blanc, avec huit ou dix cylindres presseurs, la plus chère mais la plus rapide de toutes les presses mécaniques, ne figure pas à l'Exposition. M. Marinoni et M. Jules Derriey ont exposé chacun une presse rotative à retiration, avec un seul cylindre presseur pour chaque cylindre portant les clichés. Les derniers essais antérieurs faits dans cette voie par M. Worms (brevet du 2 juin 1855) avaient pour but de proportionner autant que possible le diamètre des cylindres au développement du format, pour obtenir le maximum de vitesse ; mais, quel que fût le nombre ou l'habileté des margeurs, la réception de la feuille, avec un seul receveur, était un obstacle

qui ne permettait pas de profiter de la vitesse que l'on aurait pu obtenir par la réduction minimum du diamètre des cylindres. Cette presse était, en outre, munie de deux cylindres en métal, de même diamètre, pour la distribution de l'encre. Les deux presses exposées diffèrent du système précédent par l'emploi de deux compositions sur la même presse, invention attribuée à M. Hoë. Cette heureuse combinaison, malgré la perte de temps nécessaire à l'exécution du second cliché et à sa mise en train, augmente le produit dans une proportion considérable ; mais la disposition à donner aux formes ne permet pas de le doubler véritablement, à cause de l'augmentation à donner au diamètre des cylindres, ce qui, au reste, doit être un avantage pour la réussite des clichés. Ces deux presses sont pourvues chacune de deux receveurs mécaniques, et un plan d'une troisième machine plus diligente, exposée aussi par M. Derriey, a démontré qu'ils pouvaient encore se multiplier par le déplacement successif du jeu de cordons qui conduisent les feuilles aux receveurs. Ceux-ci n'ont pas la même disposition dans les deux presses. Celle de M. Marinoni, qui a deux ou quatre margeurs, dont les receveurs sont placés au bout de la machine, tient beaucoup plus de place, mais elle est mieux assise sur ses fondations ; l'autre prend plus de hauteur, les receveurs étant disposés en dessous de la machine. Dans cette dernière, exposée par M. Jules Derriey, la distribution d'encre se rapproche de la distribution allemande et de celle qui est indiquée dans le brevet du 2 juin 1855. Dans l'autre est appliqué le système américain, avec excentriques agissant sur leviers pour le déplacement des rouleaux ; mais ce système, indispensable aux presses en blanc à gros cylindres, ne permet pas d'espérer une distribution suffisante, même avec des cylindres réduits à $0^{m}60$. Il y aurait certainement avantage à augmenter, dans ces deux machines, le diamètre des rouleaux toucheurs. Ces presses diffèrent aussi par le nombre des margeurs; mais, quel qu'il soit, le maximum de vitesse sera toujours surbordonné au minimum du diamètre des cylindres. La presse de M. Marinoni, à

quatre margeurs, avec cylindres de $0^{m}60$, a fonctionné, sans formes ni papier, à raison de 8,000 exemplaires à l'heure. La machine de M. Jules Dèrriey, dont les cylindres sont réduits à $0^{m}50$, a pu imprimer à raison de 10,000 exemplaires à l'heure, avec ses deux margeurs, qui, du reste, nous paraissent insuffisants pour cette vitesse. Son système à cordons, pour la transmission de la feuille du recto au verso, nous paraît préférable au mécanisme des pinces, qui exige une grande régularité de marge, et qui peut occasionner des temps d'arrêt par suite de la nécessité de retirer de la machine les feuilles qui n'auraient pas été assez avancées pour être saisies par les pinces.

En résumé, le système perfectionné de clichage au papier, mis en usage depuis quelques années en France et en Angleterre, et qui constitue le progrès le plus important dans les moyens d'action de la typographie qu'a révélés l'Exposition de 1867, donne lieu d'espérer qu'il pourrait aujourd'hui réussir s'il était employé aux presses circulaires à retiration à petits cylindres, lesquelles, moins chères et aussi diligentes que la presse américaine, rendraient de grands services aux publications quotidiennes à grand nombre, avec une économie considérable sur le personnel des margeurs.

Un nouveau système d'impression sans encre et sans foulage, au moyen du papier à report chargé de la matière colorante, dont la pression des caractères détermine l'application sur l'épreuve, a beaucoup intéressé le public. Nous n'avons pas à insister sur la combinaison ingénieuse de la machine de l'inventeur du procédé, M. Le Boyer, qui se propose de donner encore plus de développement à ce système rapide, qu'il emploie déjà aux tirages de têtes de lettres, circulaires et cartes de visite.

Une petite presse manuelle pour ouvrages de ville est exposée dans la section d'Amérique. Elle fonctionne au pied et à la vapeur, avec distribution d'encre mécanique sur une table à pivot se déplacant à chaque feuille, au moyen d'un encliquetage à rochet. Son produit est d'environ 1,500 exem-

Digitized by Google

plaires à l'heure. Cette presse, à bon marché et d'un petit volume, est déjà très-répandue aux États-Unis.

§ 4. — Impression mécanique de la taille-douce.

MM. Godchaux, dont on avait remarqué, à l'Exposition de 1862, les cahiers d'écriture pour enfants, si bien exécutés et à si bas prix, portant en tête de chaque page un modèle d'écriture imprimé en taille-douce, ont exposé en 1867 la machine qui leur permet d'obtenir cette fabrication remarquable. Le papier continu s'imprime des deux côtés par la pression de rouleaux gravés en creux, puis vient se présenter à un couteau à lame hélicoïdale, qui le divise en feuilles. Le rouleau gravé est encré et débarrassé de l'encre qui couvre sa surface au moyen d'une râcle, absolument comme pour l'impression des étoffes, seulement la gravure est moins profonde. L'encre est une teinture qui colore le papier et qui noircit en se séchant, de manière à donner exactement l'apparence de l'encre à écrire, bien mieux que l'encre d'imprimerie, qu'on employait d'abord pour exécuter ces cahiers au moyen de l'impression typographique, et dont l'emploi excluait surtout la continuité et la finesse des déliés que présente l'écriture.

§ 5. — Presses mécaniques lithographiques.

La presse dite à râteau, adoptée comme la plus convenable pour les tirages de la lithographie, est composée de pièces dont le mouvement est assez complexe pour qu'il soit difficile de l'obtenir par l'action d'une puissance mécanique. M. Perrot, le célèbre mécanicien inventeur de la *perrotine*, qui, il y a plus de trente ans, réussit à construire, le premier, une presse mécanique lithographique dérivant de la presse à bras, ne put résoudre complétement le problème; la construction était trop compliquée et la machine trop coûteuse pour qu'elle pût être adoptée par l'industrie.

Depuis ce temps, la presse mécanique typographique en

Digitized by Google

blanc a été amenée à un si haut degré de perfection, et construite avec tant de précision, qu'il a paru possible de l'employer pour tout genre d'impression, et pour celle de la lithographie notamment. Aujourd'hui le problème est entièrement résolu, et la fabrication annuelle de ces presses atteint le chiffre de 200,000 francs. Dans tous les ateliers se multiplient rapidement les presses mécaniques lithographiques : ce sont de véritables presses en blanc, auxquelles on a ajouté des rouleaux mouilleurs, pour apporter de l'eau sur la surface de la pierre, et auxquelles on n'a fait, en outre, subir que des modifications secondaires en vue de leur emploi spécial.

Cinq presses de différents constructeurs, tous français, figurent à l'Exposition. La pression mobile ou élastique, indispensable pour éviter le bris des pierres, était primitivement obtenue par M. Huguet et M. H. Voirin, qui, les premiers, ont rendu ces presses d'un usage pratique, au moyen de poids suspendus à l'extrémité de leviers, comme dans les machines à imprimer les étoffes. Ce moyen, qui paraissait préférable sous le rapport de la sécurité, surtout avant l'emploi des nouveaux moyens de dressage des pierres, a été abandonné depuis quelque temps; on a préféré maintenir le cylindre par des ressorts à boudin ou en feuilles, et, chez d'autres constructeurs, au moyen de caoutchouc ou gutta-percha, placé au-dessus des coussinets supérieurs du cylindre, ou au-dessous des pierres. Le système de plateaux en coin, que nous avons indiqué à propos de la typographie, est employé par M. H. Voirin, et paraît le plus expéditif pour régler la hauteur des pierres. Le nivellement s'opère par l'enlèvement de la pierre, lors de la mise en place des hausses. Dans sa presse typo-lithographique, M. Marinoni fait reposer le plateau sur quatre vis, à l'aide desquelles il règle la hauteur et le niveau de la pierre. M. Alauzet emploie une feuille de métal, qui se retire à volonté, pour qu'on puisse placer les hausses.

Plusieurs essais tentés pour une alimentation constante des mouilleurs n'ont jusqu'ici produit aucun résultat important, et ne figurent pas à l'Exposition, à l'exception cependant de

Digitized by Google

celui de M. Alauzet ; son procédé consiste dans l'emploi d'un cylindre gravé en spirale, qui baigne dans une auge, et qui est mis en mouvement par les rouleaux mouilleurs ; l'usage n'a pas encore démontré qu'il y ait avantage à remplacer par un semblable système l'éponge du conducteur. La machine de M. Dupuy, qui l'un des premiers a contribué à l'emploi des presses mécaniques par ses tirages en chromo-lithographie, se distingue par l'application de ses mouilleurs à l'intérieur des cylindres, ce qui réduit notablement sa longueur, et par l'emploi du système dû à M. Gauchot, qui donne un mouvement très-doux et uniforme au marbre, en remplacement de celui de la manivelle.

Le repérage, pour les tirages à plusieurs couleurs, s'opère au moyen de pointures : les unes, fixes, sont placées au bord de la gorge du cylindre, et n'excèdent pas son diamètre ; d'autres, articulées, sont placées dans le sens de la circonférence, pour disparaître pendant l'impression. Cela évite l'agrandissement des trous, qui aurait lieu si les feuilles éprouvaient un glissement, soit par une fermeture insuffisante des pinces, soit par un défaut de rapport presque inévitable entre la marche du cylindre et celle de la pierre. Le soin apporté dans la construction a permis à plusieurs mécaniciens d'adopter le système de marge, moins fatigant et déjà usité en typographie ; mais, en raison du jeu que prennent les machines par le fonctionnement, le pointage sur le cylindre étant invariable sera préférablement recherché dans les repérages de précision des formats ordinaires.

Pour obvier au glissement des feuilles, nous devons signaler le levier puissant employé par M. Huguet et par M. Dupuy. Ce levier agit sur une came concentrique, pendant l'impression seulement, afin de prévenir les accidents, si les doigts du margeur se trouvaient en prise pendant la fermeture des pinces. L'emploi de la double pince, pour détacher la feuille du cylindre et en faciliter la sortie, est un perfectionnement qui est également appliqué aux presses lithographiques.

La presse circulaire, à cylindre en pierre lithographique, de

MM. Kocher et Houssiaux, est simple et rapide. La difficulté de se procurer des pierres homogènes est un obstacle que les inventeurs espèrent surmonter complétement par l'emploi de cylindres métalliques, dont ils ont montré un spécimen intéressant à l'Exposition.

M. Brisset présente une presse à râteau, avec une disposition nouvelle du moulinet, qui tient moins de place que dans les autres presses, rapproché qu'il est de la main de l'imprimeur par l'emploi d'un arbre intermédiaire. Le ressort qui agit en avant du râteau, et qui le maintient suspendu malgré le jeu, constitue un avantage apprécié par les ouvriers, car ils n'ont plus à le relever afin d'éviter le déplacement des feuilles.

En résumé, le concours des constructeurs français qui se sont consacrés à la solution du problème de l'établissement d'une bonne presse mécanique lithographique a produit des résultats tout à fait satisfaisants. Sauf de très-minimes exceptions et pour des travaux purement artistiques, on peut exécuter à la mécanique toutes les impressions lithographiques aussi bien qu'à la presse à bras, avec une économie de 60 à 80 pour 100. C'est un succès magnifique, un résultat parfaitement acquis, que l'Exposition de 1867 a mis en pleine lumière.

La machine exposée par M. Danel, et destinée à l'application des poudres d'or sur impression à l'encre grasse, se compose d'une boîte fermée hermétiquement, dans laquelle fonctionne un gros cylindre en métal. Les feuilles sont placées par un margeur et entraînées sur le cylindre au moyen d'un jeu de cordons. Un second cylindre en caoutchouc, placé dessous le précédent et en contact avec lui, plonge dans la poudre et l'applique sur les épreuves par laminage. Une brosse rotative enlève la poudre qui n'a pas été saisie par le mordant, et plusieurs tampons superposés et flexibles achèvent l'opération en lissant l'épreuve, qui se présente à un receveur de feuilles.

§ 6. — Petites presses et numéroteurs.

La petite mécanique des ateliers parisiens occupe une place

Digitized by Google

remarquable dans l'Exposition. Elle se distingue par l'élégance et l'ingéniosité de ses produits. Nous examinerons ici ceux qui ont l'impression pour but.

Presses pour billets de chemins de fer. — Trois machines à imprimer les billets de chemins de fer y sont représentées. Celle de M. Lecoq est déjà employée sur la plupart des chemins de fer du monde entier. La bonne impression, la douceur des mouvements, la rapidité de la marche, la facilité avec laquelle la machine est mise en usage, et aussi sa forme gracieuse, justifient son succès. Sa production est considérable : elle peut imprimer, en les numérotant, 10,000 billets par heure. Les deux autres machines sont établies avec les mêmes dispositions générales. Dans celle de M. Létang, on remarque une complication du mécanisme encreur, qui comprend deux rouleaux toucheurs au lieu d'un, ce qui améliore la touche, mais diminue considérablement le produit. Dans celle de M. Trouillet, les billets sont relevés mécaniquement et rangés dans un couloir horizontal, en forme de fer à cheval, d'où on peut les extraire sans arrêter la marche de la machine ; mais malgré cette disposition nouvelle et ingénieuse, il ne nous paraît pas possible que les billets puissent se ranger aussi rapidement qu'ils s'empilent d'eux-mêmes dans le récipient vertical employé avec les machines précédentes. La distribution d'encre a lieu sur un cylindre à mouvement circulaire et indépendant. Le rouleau toucheur est monté sur leviers à ressorts et mis en mouvement directement par le piston, qui agit sur deux galets fixés à l'extrémité des leviers. Cette machine est munie d'un compteur mécanique qui peut, dans certains cas, économiser le temps nécessaire à cette opération ; jusqu'ici, on ne l'a effectuée qu'à l'aide d'une machine spéciale très-rapide.

Une seule machine à dater les billets de chemins de fer fait partie de l'exposition française. Elle imprime en creux, au moyen de caractères tranchants en acier. Sa simplicité et sa solidité, la pression considérable qu'elle donne pour un petit

Digitized by Google

effort exercé à l'extrémité d'un genou, sur une certaine longueur, pour faire parcourir une très-petite hauteur verticale aux types, ont fait rechercher cette machine si distinguée, par presque toutes les administrations de chemins de fer français et étrangers, les Omnibus, etc.

Petites presses. — Depuis quelques années, les constructeurs se sont occupés à créer des machines destinées aux petites impressions, telles que têtes de lettre, adresses, etc. L'Exposition en a reçu plusieurs modèles remarquables par l'exécution et les dispositions ingénieuses qui en rendent l'emploi facile. En général, le mécanisme d'encrage est la reproduction en petit de celui qui est usité en typographie : un encrier à râteau, avec rouleaux en gélatine ou en caoutchouc. Mais ces machines en diffèrent essentiellement en ce que les rouleaux sont montés sur des leviers articulés, distribuant l'encre sur une table fixe concave ou convexe, suivant le rayon des leviers, et aussi par la disposition des caractères qui agissent par dessus sur le papier à imprimer. Dans presque toutes, excepté celles qui sont destinées spécialement aux épreuves typographiques, les caractères sont contenus dans une boîte en métal, fixée à la base d'un piston se mouvant verticalement. Une pédale ou un levier actionne le piston et fait en même temps agir tout le mécanisme de distribution d'encre, sans interruption dans la marche du piston. Dans ces sortes de machines, tous les mouvements s'opèrent en arc de cercle; le piston conserve sa position verticale, conduit qu'il est par deux leviers formant un parallélogramme dont il est l'un des côtés. Pendant le mouvement ascensionnel du piston, le rouleau encreur vient se mettre en contact avec les caractères, en décrivant lui-même un arc de cercle. Cette disposition, heureuse et simple, paraît réunir tous les avantages d'une excellente machine, et est préférable, sous le rapport de la rapidité, au mouvement rectiligne interrompu des rouleaux, qui nécessite un temps d'arrêt du piston. En général, toutes ces machines donnent d'excellents produits.

Digitized by Google

Numéroteurs. — Une production qui s'est singulièrement multipliée dans ces dernières années, grâce à d'ingénieuses inventions et au débouché fourni par les chemins de fer, s'est signalée d'une manière très-intéressante à l'Exposition. Nous voulons parler des divers appareils à imprimer en numérotant les objets, c'est-à-dire destinés à produire des imprimés portant des numéros variant d'une unité à chaque exemplaire.

Les numéroteurs ont été l'objet de nombreuses recherches. On en construit aujourd'hui de deux genres principaux. Les uns, qu'emploie surtout M. Lecoq, et qui sont d'un usage très-sûr, sont à griffes : c'est-à-dire que le levier, mis en mouvement pour actionner le numéroteur, forme un encliquetage agissant sur une roue à cran solidaire avec la roue porte-types, en la faisant tourner d'un cran à chaque coup. Pour que la roue des dizaines tourne d'un cran, quand celle des unités a tourné d'un tour, c'est-à-dire quand, après le 9, doit arriver le 0, l'entaille qui reçoit la griffe en ce point est beaucoup plus profonde que les autres, de telle sorte que cette griffe descendant davantage, sa seconde branche, jusqu'alors inutile, vient reposer sur un cran de la roue des dizaines, et la fait tourner d'une unité. Cette même disposition permet d'actionner, au moment convenable, la roue des centaines, des mille, etc., en ne présentant d'autre inconvénient, pour quelques cas spéciaux, que d'exiger des molettes d'un diamètre un peu grand, quand le nombre à marquer doit être fort élevé, et que les entailles d'abaissement de la griffe doivent être nombreuses, et aussi d'exiger une place assez considérable pour la griffe, dont les oscillations sont assez étendues.

Le système de numéroteur de M. Trouillet, moins sûr peut-être que le précédent, à cause de la petitesse de l'organe servant à établir la solidarité des roues, offre quelques avantages particuliers. Il consiste en un petit piston, dont l'épaisseur est égale à celle de la roue des types, plus celle d'une petite roue d'acier qui lui est réunie, et que pousse un petit ressort à

boudin. Quand le piston de la roue des unités est poussé, il entraîne un cran de la roue des dizaines, à moins qu'il ne rencontre le piston de la roue des dizaines, auquel cas il entraîne la roue des centaines, et ainsi de suite. On voit qu'on peut ainsi établir des numéroteurs pour les nombres formés d'un grand nombre de chiffres, sans accessoire extérieur volumineux. Une application curieuse de ce système s'est révélée le jour où l'habile M. Charles Derriey a résolu le problème de la fonte de ces molettes par les procédés de la fonderie en caractères, par conséquent dans des conditions d'identité, de précision que la gravure ne saurait offrir. En donnant au diamètre extérieur de ces molettes exactement la hauteur des types d'imprimerie, il est devenu possible de numéroter en imprimant; par exemple, d'exécuter ainsi, par une seule opération, le numérotage des actions et obligations, et avec une perfection bien supérieure à celle du numérotage à la main, c'est-à-dire en assurant bien mieux les administrations et le public contre la contrefaçon.

Machine pour le numérotage des billets de banque. — Une merveilleuse application des presses à numéroteurs a été faite par M. Ch. Derriey à une machine construite pour la Banque de France, et qui, de la famille de celle construite jadis par Bramah pour la Banque d'Angleterre, représente dignement les progrès de l'art de la construction des machines, depuis l'époque où travaillait l'un de ses premiers créateurs. Les billets, mis en paquets à l'extrémité droite de cette machine, sont enlevés, un par un, par une plaque mobile percée de trous en communication avec une pompe aspirante, apportés au milieu de l'appareil où ils reçoivent l'impression de cinq compteurs, les uns variant d'une unité par billet, les autres ne variant que par séries; enfin, le billet est enlevé par la plaque et déposé dans une boîte à la gauche de la machine; puis l'opération recommence. L'impression, excellente et produite automatiquement aux endroits voulus, avec toute la netteté d'une bonne impression typogra-

Digitized by Google

phique, augmente dans une proportion notable les difficultés de la contrefaçon des billets, et facilite la surveillance dans les ateliers de fabrication.

§ 7. — Ustensiles d'imprimerie.

Les ustensiles d'imprimerie et le matériel de la clicherie, de la galvanoplastie, etc., sont réunis dans l'exposition de M. Boildieu, qui occupe le premier rang dans cette spécialité. Nous citerons, comme hors ligne, les coins mécaniques ou petits rouleaux de M. Marinoni; ces coins forment lanterne engrenant avec les dents que porte le dos des biseaux en fonte, invention récente pour le serrage des formes d'imprimerie, moyen simple et ingénieux, qui supprime l'emploi du bois et du marteau. Nous avons remarqué, dans l'exposition du Canada, un autre système, dans lequel les formes sont serrées avec beaucoup de régularité, à l'aide de deux coins avançant l'un sur l'autre, et par la même clef; mais ce système, plus compliqué et très-cher, n'est destiné qu'au serrage de formes exigeant beaucoup de précision. Les coins en fonte de M. François Derriey produisent également un très-bon serrage, dû à leur forme arrondie, qui permet leur application, quel que soit l'angle des biseaux. Ses griffes, en forme de queue d'aronde, sont un moyen certain d'assurer les clichés sur les blocs.

Rouleaux lithographiques. — La bonne fabrication de ces rouleaux, qui importe tant à la bonne exécution de la lithographie, pour laquelle on ne peut, à cause du mouillage de la pierre, employer les excellents rouleaux en gélatine de la typographie, est d'une difficulté considérable. Aussi les fabricants qui y réussissent, en tête desquels on s'accorde à placer M. Schmautz, jouissent-ils d'une grande réputation. Donner au rouleau l'élasticité convenable et faire disparaître toute couture, sont des opérations qui exigent une grande habileté. La qualité de résistance de ces rouleaux perfectionnés ten-

Digitized by Google

dent à les faire adopter pour rouleaux distributeurs sur les presses mécaniques typographiques à mouvements rapides, en réservant les rouleaux en gélatine, si facilement altérables, pour l'encrage des formes.

§ 5. — Machines à plier les feuilles imprimées.

Le problème d'effectuer par machines le travail si rapide et si peu coûteux de la brochure a été abordé dans ces dernières années, et une curieuse machine figurait, en 1862, à Londres, parmi les produits des ateliers des constructeurs suisses. L'organe principal était une table portant une fente étroite. La feuille étant convenablement placée sur cette table, un couteau, se mouvant à angle droit avec la surface de cette table, entraîne et plie la feuille en traversant la fente. MM. Frédureau et de Chavannes ont repris la construction de cette machine, et y ont joint, pour les feuilles qui doivent être coupées, pour l'in-trente-deux notamment, format auquel est destinée la machine exposée, une scie qui effectue très-bien la division.

Cette machine nous paraît encore bien lourde, relativement à la résistance minime qu'il s'agit de surmonter, et il ne serait pas possible de la faire marcher avec une vitesse suffisante pour qu'elle remplaçât avantageusement un nombre un peu notable de brocheuses. C'est à rendre cette machine plus légère que l'on doit s'appliquer, si l'on veut obtenir un succès pratique.

CHAPITRE IV.

MACHINES A COMPOSER.

Depuis vingt ans on s'applique à rechercher les moyens d'aider, par l'emploi de machines, le travail manuel du compo-

Digitized by Google

siteur, et, à toutes les expositions, on a vu apparaître quelques dispositions nouvelles. Jusqu'à l'Exposition de 1867, le problème que se sont proposé les inventeurs (et le seul, paraissait-il, qu'ils pussent se poser) consistait à chercher, au moyen d'une touche de piano, comme l'avait déjà proposé le philosophe Ballanche lorsqu'il était imprimeur à Lyon, à *lever* une lettre, et à réduire ainsi le temps nécessaire pour saisir un caractère avec les doigts et le placer dans le composteur. Il y a loin de la solution du problème ainsi posé, d'aider en quelque sorte l'opérateur par un mécanisme auxiliaire, à la substitution de l'action d'une puissance naturelle à un travail humain. L'intervention, nécessaire pour chaque lettre, de l'ouvrier lisant la copie et pressant les touches convenables, limite singulièrement l'importance des avantages que l'on peut espérer obtenir. Il est, par suite, peu extraordinaire que les machines admirées aux expositions aient été jugées jusqu'ici trop coûteuses et donnant de trop faibles résultats pour pénétrer dans les ateliers.

La machine Delcambre, Cuyts et Cie, est une transformation de la machine Yung et Delcambre, la plus connue de toutes, modifiée de façon à devenir moins coûteuse et d'un maniement plus facile. On y est parvenu en diminuant le nombre des lettres différentes que le clavier commande et en le réduisant à celui des sortes d'un usage fréquent. Le plan incliné sur lequel glissent les types ayant un nombre moindre de rainures, les engorgements et accidents divers sont rendus moins fréquents, et la production devient en pratique plus considérable. Quant aux sortes d'un emploi peu fréquent, elles sont disposées sur des cônes tournants, placés à droite et à gauche du compositeur. Pour lever une lettre, on amène le plan diamétral qu'elle occupe au-dessus de la rainure correspondante à ce cône du plan incliné, puis on la fait tomber en poussant un petit levier, système qui exige plus de temps que la levée d'une lettre de la casse, mais qui ne s'applique qu'à une faible partie de la composition.

En résumé, on doit considérer comme intéressantes les modifications apportées au mécanisme de la machine à composer pour la rendre peu coûteuse et d'un maniement facile, mais elles ne sont pas encore suffisantes pour faire adopter une machine qui a été repoussée, comme onéreuse, des ateliers même où elle avait pénétré. L'expérience acquise par la comparaison des divers systèmes destinés à aider le travail du compositeur, parmi lesquels on doit citer la machine si remarquable de M. Sörensen, qui figurait à l'Exposition de 1855, conduit toutefois à admettre : 1° que l'opération d'agir sur les touches d'un piano, chacune d'elles répondant à une lettre, est beaucoup plus rapide que celle de lever cette lettre dans une casse par le travail ordinaire du compositeur; 2° que la descente simultanée d'un grand nombre de types sur un plan incliné donne facilement lieu à des accidents dont on ne peut diminuer le nombre qu'en travaillant lentement; 3° que la nécessité de faire la distribution à la main ou par des systèmes moins avantageux jusqu'à présent que celle-ci, de justifier également à la main, vient diminuer l'économie du travail avec la machine; enfin, qu'en exigeant la composition par ces sortes distinctes pour en remplir les réservoirs de la machine, elle entraîne à une dépense supplémentaire spéciale.

Il semble résulter de là qu'une invention qui conserverait tous les avantages du clavier, mais qui n'exigerait plus de mouvement de types et par suite ferait disparaître une grande partie des arrêts qu'il entraîne, qui supprimerait la distribution, pourrait offrir de sérieux avantages.

C'est cette direction qu'ont suivie deux inventeurs, l'un de France, l'autre des États-Unis d'Amérique ; abandonnant tous les deux le mode de composition pratiqué depuis Gutenberg, ils ont adopté un système entièrement nouveau. Les deux inventions dont nous parlons reposent sur les progrès récents de la stéréotypie, sur la facile production des clichés au moyen

Digitized by Google

de la pâte de papier ou de quelqu'autre matière plastique analogue. On comprend, en effet, que la matrice d'un cliché puisse être produite par parties successives; que, si chaque touche d'un clavier fait abaisser d'une profondeur constante un type correspondant à une lettre déterminée, on pourra obtenir, sans qu'aucun type devienne libre, des enfoncements de lettres, de mots, de lignes, enfin des matrices de pages qui pourront servir à couler du métal, à obtenir un cliché propre à l'impression.

L'inventeur français, M. Flamm, partant d'une disposition qui rappelle le télégraphe à cadran, forme, avec des caractères d'imprimerie guidés entre deux plaques de métal, une couronne de lettres, et il grave les figures des mêmes lettres sur les mêmes rayons d'un plus grand cadran. Pour composer, il suffit d'amener successivement la figure de chaque lettre devant un même repère, et de faire tourner de la main gauche une clef que meut un excentrique faisant descendre le type correspondant, pour que l'impression soit produite. Cette impression s'opère sur une plaque disposée sur un support à chariot, qui, par un de ses mouvements, permet d'espacer à volonté les lignes de la page, et, par un mouvement à angle droit, d'établir un écart convenable entre chaque lettre, ce qui doit avoir lieu indépendamment de toute intervention de l'opérateur. A cet effet, la clef qui met en mouvement le type fait agir un cliquet, qui agit lui-même sur un cylindre à denture fine, formant écrou du support. Une équerre, qui fait partie de la tige du cliquet, vient s'appuyer sur le cadran contre une vis qui permet de donner au mouvement du support l'étendue voulue et de régulariser l'espacement des lettres.

La machine américaine de M. Sweet, qui, par sa disposition générale, rappelle un peu le télégraphe à clavier de Hughes, satisfait, par des dispositions équivalentes à celles qui viennent d'être décrites, aux diverses conditions du problème. L'élégance de la construction de cette machine et la rapidité

Digitized by Google

avec laquelle le poinçon en acier qui représente chaque lettre est enfoncé par un genou à la profondeur voulue, sans arrêt du mouvement, sont vraiment remarquables.

Les systèmes dont nous venons de parler ont un défaut majeur. Nous ne voulons pas parler de la difficulté de repousser des lettres à côté les unes des autres sans altérer les creux, ce qui rendrait difficile l'emploi de caractères petits d'œil et serrés, ni du défaut qui consiste en ce qu'on obtient difficilement une justification un peu passable des lignes, puisque au moment de les terminer,on ne peut guère agir que sur les blancs des derniers mots ; nous parlons de l'impossibilité absolue de corriger la composition faite. Or, quiconque a fait imprimer sait que l'intercalation ou la suppression de mots et de phrases sur une première épreuve est une nécessité absolue, qui exige à chaque instant le remaniement de plusieurs lignes pour utiliser la composition déjà faite. L'impossibilité de faire rien qui ressemble à un remaniement avec le cliché, interdit son utilisation pour la moindre correction, et limite par suite l'application des systèmes ci-dessus, en la réduisant tout au plus au cas le moins important, à celui des réimpressions. On ne doit donc pas y voir la solution du problème de la composition mécanique.

M. Flamm a fait de son invention une intéressante application à la lithographie. Il utilise la pression des types, non plus pour les enfoncer dans une substance plastique, mais pour presser sur un papier à décalquer susceptible de transporter sur du papier à report l'empreinte exacte de la lettre. Après avoir fait ainsi un exemplaire de la composition typographique voulue, on le transporte sur pierre, et on peut procéder à l'impression, après y avoir ajouté, au besoin, quelques travaux de l'écrivain. Mettre ainsi, au moyen de machines portant un seul alphabet de types, les ressources de la typographie à la disposition des lithographes, nous paraît être une heureuse idée.

Digitized by Google

CLASSE 60

Machines, instruments et procédés usités dans divers travaux, par M. Ch. Callon, ingénieur civil, professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, et M. Ferdinand Kohn.

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 60

MACHINES, INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS USITÉS DANS DIVERS TRAVAUX

Par MM. Ch. CALLON et Ferd. KOHN.

La destination très-variée des machines et appareils qui composent la classe 60 ne nous permet point de les renfermer dans un cadre général. Leur seul caractère commun n'est autre que celui qui se révèle dans toutes les industries mécaniques sans exception, à savoir : la réduction des prix de fabrication par la substitution du travail automatique au travail manuel, plus rapide et plus précis. Nous entrerons donc immédiatement en matière, et nous passerons successivement en revue, sans chercher à les rattacher par un lien commun qui n'existe véritablement pas, les résultats que paraissent offrir les machines, instruments et procédés de la classe 60, au point de vue des progrès accomplis depuis l'Exposition Universelle de 1855.

§ 1. — Machine remplaçant le marbre à dresser les caractères d'imprimerie.

La première machine qui s'offre à notre attention, non point à cause de son importance commerciale, mais parce qu'elle a obtenu dans la classe 60 la récompense la plus élevée, est la machine américaine de M. Pat Welch, aussi ingénieuse

Digitized by Google

d'invention que remarquable d'exécution. Jusqu'à présent, le soin de dresser les quatre faces des types ou caractères d'imprimerie, en en faisant disparaître les bavures et aspérités, a été confié à des femmes, ou quelquefois à des enfants, qui opèrent en frottant les faces des caractères sur une surface plane et rugueuse, puis en les composant en ligne et en apprêtant les bords, soit à la lime, soit au grattoir. Mais tous les praticiens s'accordent à dire que ce travail long, coûteux et difficile à contrôler, n'est pas effectué d'une manière satisfaisante, peu d'ouvrières parvenant à acquérir l'habileté nécessaire, malgré un long apprentissage, très-onéreux pour le patron, en raison du grand nombre de types gâtés par les apprenties. Il était donc très-intéressant de substituer à cette main-d'œuvre lente et imparfaite, le jeu d'une machine réunissant l'avantage d'un rendement considérable à celui d'une très-exacte uniformité de *corps* pour les caractères apprêtés.

Notre savant confrère, M. Ch. Laboulaye, si compétent dans toutes les questions relatives à l'art de l'imprimerie, nous a déclaré que, à sa connaissance, de nombreuses tentatives, toujours infructueuses, avaient été faites avant M. Welch, qui, plus habile que ses devanciers, nous paraît avoir complétement réussi. Le peu d'espace dont nous disposons ne nous permet pas de décrire cette curieuse machine, difficile d'ailleurs à faire comprendre sans l'aide d'un dessin. Nous signalerons toutefois l'alimentation automatique d'une ligne à la fois, qui met l'apprêt des caractères, même les plus fins, à l'abri de toute déformation accidentelle. Cette machine permet d'obtenir, avec beaucoup d'uniformité, le parallélisme exact des faces opposées; mais, en outre, par une inclinaison convenable du tranchant des outils, on peut produire des types de forme pyramidale, propres à être composés immédiatement sur les cylindres de machines à imprimer, dites continues.

§ 2. — Presses monétaires.

Deux presses monétaires figurent à l'Exposition de 1867;

Digitized by Google

l'une construite par la maison J.-F. Cail et Cie, l'autre par M. Fossey-Thonnelier, mécanicien à Lasarte (Espagne). Ces machines ne sont autre chose, quant au principe et à la disposition d'ensemble, que la presse continue, dite de Munich, importée en France par M. Thonnelier, et perfectionnée, soit par lui-même, soit par la maison Cail et Cie.

Toutefois, l'examen attentif des presses monétaires de l'Exposition de 1867 révèle des perfectionnements incontestables depuis 1862. Ainsi, la presse exposée par la maison Cail est munie d'un nouveau débrayage, dit système *Amand*, dont la description serait impossible ici, mais dont l'importance pratique sera suffisamment caractérisée, si nous disons que ce système a pour effet principal de mieux assurer l'arrêt rapide et sans intermédiaire de la machine, dans le cas très-fréquent où le flan vient à faire défaut entre les deux coins. De même, dans la machine espagnole, le Jury a reconnu des particularités qui constituent un progrès véritable.

En nous attachant aux plus importantes, nous mentionnerons d'abord l'emploi d'une genouillère à double brisure et la production de la pression par une came, qu'actionne un galet à grand diamètre. De là, selon nous, un double résultat : en premier lieu, diminution notable dans les frottements des articulations ; en second lieu, pression mieux appropriée à la nature du travail, par cette raison toute simple que la loi du mouvement de la bielle et de la manivelle employées dans les anciennes presses est une loi invariable, tandis que, ici, en étudiant la forme de sa came motrice, le constructeur a pu déterminer celle qui convenait le mieux au travail à faire ; il a même pu accélérer le mouvement rétrograde, par imitation de ce qui se fait dans nombre de machines-outils. Nous voyons aussi un perfectionnement utile dans l'emploi de débrayages à *friction*, qui, sans agir sur les volants, bien entendu, agissent sur les deux cames qui commandent la double genouillère et la *main-poseur*, et produisent l'arrêt des cames *dans un temps extrêmement court*, — que cet arrêt ait lieu d'ailleurs par la

volonté de l'ouvrier ou par l'une des circonstances qui doivent le déterminer automatiquement.

Il serait impossible de donner, sans le secours du dessin, une idée des moyens ingénieux employés pour amener cet arrêt automatique. Nous nous bornerons à dire ici que cet arrêt a lieu : 1° Dans le cas où, l'alimentation des flans étant interrompue, la main-poseur s'avancerait à vide et déterminerait ainsi l'altération des deux coins, en les laissant frapper l'un sur l'autre ; 2° dans le cas où, par le fait d'un flan trop épais ou mal placé, la main-poseur ne pourrait pas se dégager en temps utile de dessous le gobelet d'alimentation, ce qui amènerait une rupture. Les combinaisons employées par M. Fossey, pour satisfaire à ces importantes conditions, ont un caractère de simplicité et d'élégance incontestable. Sa machine renferme aussi de bons détails, soit à l'égard du mécanisme, dit de dévirolage, qu'il a simplifié, soit à l'égard des dispositions prises pour empêcher l'huile du graissage de la genouillère de pénétrer jusqu'aux coins, etc.

§ 3. — Outillages et procédés de la fabrication des objets d'horlogerie, de bijouterie, etc.

L'ensemble de machines et d'outils qu'on peut ranger sous ce titre formait certainement la partie la plus importante de la classe 60, non-seulement par le nombre des objets exposés, mais encore par la similitude de beaucoup d'entre eux et par la possibilité de les rattacher, comme industries annexes, à l'horlogerie, cet art si important, soit au point de vue commercial, soit au point de vue scientifique. Malheureusement la plupart des objets exposés sont très-difficiles à apprécier, avec les moyens si limités qui peuvent être mis à la disposition du Jury. Dans les Expositions nationales, et surtout dans les premières, qui ne comptaient qu'un petit nombre d'exposants, il était possible de se livrer à des investigations, à des expériences longues et variées, telles que celles qui se pratiquent de nos

Digitized by Google

jours au Conservatoire des arts et métiers, par exemple, où de nombreux inventeurs viennent demander fréquemment la vérification du rendement de leurs appareils et la sanction des résultats qu'ils ont intérêt à faire connaître au public. Peut-être y a-t-il, sous ce rapport, dans l'organisation actuelle des Jurys, une lacune, qu'il nous sera permis, en raison du cas particulier que nous avons rencontré, de signaler à l'attention éclairée de la Commission Impériale. Nous émettrons aussi un autre vœu, qui nous a été suggéré par l'examen des nombreux tarauds et filières (principalement à l'usage des horlogers) qui figuraient à l'Exposition. C'est que les constructeurs de ces outils devraient s'entendre, dans leur intérêt même, pour adopter un système uniforme de taraudage, ainsi que cela a été fait en Angleterre pour les gros outils de mécanique. Depuis 15 ans, en effet, tous les constructeurs anglais ont pris l'habitude d'un taraudage uniforme, emprunté à M. Whitworth; pourquoi cet exemple ne serait-il pas imité dans le genre d'industrie qui nous occupe en ce moment? Nul doute que cette nouvelle application du grand principe de l'uniformité des mesures n'eût ici, pour les constructeurs qui le mettraient à profit, les avantages qu'en ont constamment retirés les peuples par lesquels il a été successivement adopté.

Ce n'est pas le lieu d'insister sur ces avantages, à un point de vue général; mais il nous sera permis de rappeler quelles facilités le système d'uniformité des mesures apporte dans les relations commerciales et à quel degré il peut favoriser l'exportation des produits du genre de ceux dont il s'agit ici.

Après ces considérations générales, il nous paraît nécessaire d'appeler l'attention sur un genre de machines qui, par leur ingénieux agencement et leurs dispositions savantes, se distinguent entre toutes celles de ce groupe. Nous voulons parler des *tours à guillocher* qui, fabriqués en France et surtout en Angleterre, avec un luxe peut-être excessif, nous paraissent dignes d'une attention toute spéciale dans l'exposition suisse, où ils réunissent, à un degré de *précision* strictement

nécessaire pour l'élaboration des produits commerciaux, la condition du *bon marché*, sans laquelle il est impossible aujourd'hui d'atteindre un chiffre de vente important. L'invention de ces machines, tout le monde le sait, est ancienne, et les galeries de notre Conservatoire des arts et métiers pourraient en témoigner au besoin; tout le monde sait aussi qu'un tour à guillocher n'est, en principe, qu'un tour ordinaire, dont l'outil est doué d'un mouvement automatique défini; mais l'esprit d'invention peut trouver encore à glaner dans ce champ défriché par les inventeurs du siècle dernier. Les expositions de MM. Durier et Lang, de Genève, en sont la preuve, ainsi que nous allons l'établir en peu de mots.

Des trois machines à guillocher exposées par le premier, deux ont reçu, depuis 1862, des modifications que nous regardons comme importantes. Le gros tour pour orfévrerie a été modifié et perfectionné, depuis 1862, par l'adjonction d'un second tour, pouvant fonctionner, soit séparément, soit simultanément avec le corps principal; ce qui permet de varier à l'infini les effets, en mêlant les dessins de l'un des deux tours avec ceux de l'autre. Sur ce gros tour est montée une transmission de mouvement mue par le pied, destinée à faire marcher divers appareils, tels que burins tournants, fraises, outils à piquer, matter, etc.: ce qui permet d'obtenir des effets nouveaux, réalisés précédemment par la gravure. Enfin, la table est mobile pour le passage des grandes pièces; mais elle peut se fermer, lorsqu'on n'a que de petits diamètres à guillocher. Le tour de M. Durier, pour la bijouterie et les fonds de montre, remarquable par sa légèreté et la facilité de toutes ses fonctions, l'est surtout en ce qu'il est muni d'un appareil à guillocher les cadrans en spirale. Le tour à guillocher de M. Lang présente, quant à son bâti, des dispositions qui paraissent très-goûtées par les graveurs. Les anciens tours avaient des bâtis entièrement en bois, qui, malgré le soin que l'on avait de les sceller sur le plancher de l'atelier, présentaient l'inconvénient de travailler plus ou moins. Plus tard, on les remplaça

Digitized by Google

par des bâtis en métal, auxquels on reprochait de fatiguer l'ouvrier et de produire des vibrations nuisibles au guillochage. M. Lang, en disposant un établi en bois sur des pieds en fonte très-stables, qu'on peut se dispenser de sceller au plancher, nous paraît avoir réalisé une amélioration réelle. M. Lang a aussi apporté à son tour une disposition qu'il serait difficile de faire comprendre sans l'aide d'une figure, mais dont le lecteur se fera peut-être une idée suffisante, si nous disons qu'on peut changer les rosettes sans risquer de les dégrader, deux tours de manivelle suffisant pour éloigner le porte-touche d'environ un millimètre, jusqu'à l'instant précis où il se trouve en face de la rosette qu'on veut employer. La combinaison des rosettes est d'ailleurs établie de telle façon que l'on peut en employer 4, 3, 2 ou 1, afin de varier à l'infini les dessins, qu'un guillocheur expérimenté exécute avec autant de facilité qu'avec le simple grain d'orge.

Le laminage joue un grand rôle dans l'orfévrerie et dans la bijouterie; il est le point de départ de ses belles fabrications, ainsi que le faisait remarquer M. le baron Séguier, dans son savant rapport sur l'Exposition de 1862. Nous ne sachons pas qu'aucun fabricant ait dépassé, au point de vue de la qualité, les rouleaux que M. le baron Séguier signalait dans l'exposition de M. Krupp, comme destinés au laminage de tous les métaux, et particulièrement des métaux fins. Mais nous devons citer, comme réunissant, à un degré satisfaisant, la double condition de bonne qualité et de prix relativement bas, les cylindres lisses ou gravés de M. Delahaye, de Paris, et les laminoirs en acier fondu, à l'usage de la tréfilerie d'or et d'argent, de M. C. Domenech, de Barcelone. Enfin, nous croyons devoir signaler ici une machine ingénieuse pour réduire les calibres de montres et de pendules, exposée par M. Chatain, de Paris. Le principe de cette machine est le même que la plate-forme à diviser les dents d'engrenage; car on comprend que ce principe est applicable, soit qu'il s'agisse de diviser en parties égales la ligne de touche d'un

engrenage, soit qu'il s'agisse de percer sur une platine de montre ou de pendule, des trous déterminés en nombre et en position.

Mais la machine construite par M. Chatain renferme d'intéressants détails ; elle est d'un maniement facile, et par ce motif, elle pourrait s'appliquer avec succès à quelques genres de fabrication qui se rattachent à l'horlogerie par la précision qu'exigent certaines opérations, malgré le bas prix et la vulgarité des objets fabriqués.

§ 4. — Machines à fabriquer les allumettes.

Ces machines constituent une des plus curieuses spécialités de la classe 60. Le Jury en a distingué trois, qui sont : 1° La machine de M. Mujica, de Saint-Sébastien (Espagne), pour découper et ranger les allumettes de *cire* avant le trempage 2° la machine de MM. Rimailho frères, de Paris, destinée à découper le *bois* pour allumettes ; 3° enfin, une machine à ranger les allumettes de *bois* avant le trempage, exposée sous le nom de M. G. Schmidt, de Paris.

Machine Mujica. — Le travail manuel, que M. Mujica a voulu remplacer par sa machine, consiste à couper de longueur un certain nombre d'allumettes en cire et à les ranger, d'un coup de main rapide, dans les cannelures d'une petite table de $0^{m}30$ à $0^{m}40$ de long, et d'une largeur un peu inférieure à la longueur des allumettes. On peut ainsi tremper d'un seul coup dans la cire toute une série d'allumettes ; mais il est nécessaire, cette manœuvre une fois faite, de les planter debout *une* à *une* dans une aire en sable, pour les laisser refroidir. On peut assimiler à un métier à tisser la machine imaginée par M. Mujica pour l'exécution rapide et presque entièrement automatique du travail manuel que nous venons de définir. — Les fils de la chaîne sont remplacés ici par 72 mèches continues enduites de cire, délivrées par

Digitized by Google

18 rouleaux indépendants, à axe horizontal, placés derrière la machine ; et la navette du tisserand est remplacée par un couteau qui coupe les 72 mèches à une longueur d'environ 4 centimètres, déterminée par le mouvement intermittent de deux rouleaux alimentaires entre lesquels passent les mèches continues. — Celles-ci, ainsi coupées, sont déposées sur une planchette de bois garnie de flanelle, qu'elles dépassent de la quantité strictement nécessaire pour le trempage. A ce moment, une vis, que l'ouvrier tourne d'une quantité angulaire déterminée, fait descendre le châssis portant la planchette d'une hauteur égale à l'épaisseur de celle-ci ; une deuxième planchette est alors placée sur la précédente, et une nouvelle série de mouvements, pareils à ceux que nous venons de décrire, commence à l'instant. On forme, par la superposition des planchettes successives, un châssis de 4,000 allumettes, et plus, dont le trempage peut se faire d'un seul coup, et dont le refroidissement ne donne plus lieu à aucune main-d'œuvre. L'opération entière dure sept à huit minutes ; ce qui permet à l'ouvrier de tremper 400,000 allumettes dans sa journée.

Machine Rimailho. — Il est nécessaire de donner d'abord quelques indications sur la fabrication des allumettes à la main. Cette fabrication, un peu négligée en France et en Angleterre, a acquis une grande perfection en Autriche, dont les allumettes sont exportées, même dans les pays d'outre-mer.— Leur finesse et leur cylindricité exacte les font préférer aux autres (du moins lorsque le climat n'est pas trop humide), parce que le soufre peut être remplacé par l'application d'une matière dont l'odeur n'ait rien de désagréable. Le caractère essentiel de la fabrication autrichienne est un coupage extrêmement régulier du bois en fils cylindriques d'environ 1 mètre de long, qu'on recoupe ensuite transversalement par fragments de longueur voulue. Il faut dire que ce système a l'inconvénient d'exiger des blocs très-longs et parfaitement de fil ; en sorte qu'il n'est applicable que là où le bois est

abondant et à très-bas prix. MM. Rimailho ont remédié à cet inconvénient d'une manière radicale, en renversant le procédé, c'est-à-dire en coupant les morceaux de bois de longueur avant de les débiter en allumettes, ce qui permet d'employer des bois *ordinaires*, puisqu'on peut rejeter sans perte notable les parties noueuses ou vicieuses, tout en marchant *plus vite*, parce que le fer, ne travaillant que sur une petite longueur, ne s'échauffe pas.

Enfin, et cela est à noter, les avantages réalisés ainsi par la machine le sont sans rien sacrifier de l'agrément qui résulte de la finesse et de l'exactitude de forme des allumettes autrichiennes façonnées à la main. Il est juste aussi, pour faire apprécier à sa valeur réelle le service rendu par MM. Rimailho, de remarquer que beaucoup de machines, précédemment proposées, n'ont pas réussi parce qu'elles exerçaient sur le bois une compression trop énergique qui le rendait, par cela même, peu inflammable. Quant à la disposition de la machine de MM. Rimailho, on en aura une idée très-nette, si l'on imagine deux outils pareils à ceux de la fabrication à la main, installés de manière à réaliser une machine double, c'est-à-dire travaillant des deux côtés, afin qu'il n'y ait point de temps perdu dans le mouvement alternatif de la machine, lequel est produit par un excentrique à grande vitesse agissant sur un tiroir solidaire des deux outils, ou rabots. Chaque coup de la machine forme, sur toute la largeur du bloc, légèrement pressé contre l'outil par la main de l'ouvrier, une série d'allumettes cylindriques, qui sont rejetées de la machine par la série d'allumettes formée par le coup suivant.

Machine G. Schmidt. — Cette machine a de très-grands points de ressemblance avec celle de M. Mujica, sauf les différences résultant de l'emploi du bois, au lieu de mèches enduites de cire. Ces différences peuvent être définies en peu de mots. En premier lieu, les allumettes, préalablement coupées de longueur, sont livrées à la machine dans une boîte

Digitized by Google

qui surmonte une plaque horizontale cannelée où elles viennent se déposer et se ranger par le va-et-vient d'une brosse qui occupe toute la largeur de la machine et que l'ouvrier met en jeu, en temps opportun, à l'aide d'une pédale située à sa gauche. C'est la première phase du jeu de la machine. Il s'agit, en second lieu, de pousser la rangée d'allumettes d'une quantité telle qu'elles viennent se déposer sur une planchette contiguë, appartenant à un châssis vertical équilibré par des contre-poids convenables. L'ouvrier, appuyant sur une pédale placée à sa droite, fait avancer une série d'aiguilles horizontales qui, après avoir produit le déplacement voulu, reviennent en arrière, rappelées par un ressort, aussitôt que l'ouvrier cesse d'agir sur la pédale. — A ce moment, il pose une nouvelle planchette en appuyant sur le châssis pour le faire descendre de l'épaisseur de cette planchette ; et une autre série de mouvements peut recommencer. Il est essentiel que les allumettes gardent sur le châssis l'écartement régulier qu'elles ont pris sur la table cannelée. Pour cela, elles débordent un peu les planchettes et sont guidées, du côté où elles doivent être trempées, par une série de lames verticales fixées au bâti même de la machine. Quand le châssis est entièrement garni, l'ouvrier, à l'aide d'une troisième pédale, exerce une pression sur l'ensemble des planchettes et ferme le châssis en abaissant et fixant à demeure sa traverse supérieure. Il ne s'agit plus alors que d'égaliser les allumettes sur un plateau, afin qu'elles soient trempées à un degré uniforme. Une main-d'œuvre considérable est évitée par cette machine. Un châssis, portant 60 rangées superposées de chacune 100 allumettes, peut être préparé en 4 minutes.

§ 5. — Machines à fabriquer les cigarettes de papier.

L'importance d'une telle machine pourra être révoquée en doute par les fumeurs qui aiment à rouler eux-mêmes le papier de leurs cigarettes. Mais si l'on considère que cet usage

Digitized by Google

est loin d'être général, puisqu'une seule fabrique de la Havane n'occupe pas moins de 1,000 ouvriers pour la confection de trois millions de cigarettes par jour, on comprendra que ce soit précisément le propriétaire de cette fabrique, M. de Susini, qui ait entrepris de remplacer un travail manuel coûteux par une opération automatique. On comprendra de plus que, si cette opération est faite d'une manière irréprochable, le consommateur s'habituera à acheter ses cigarettes ; et, par conséquent, au point de vue industriel et commercial, il y aura un véritable progrès accompli. Nous n'osons pas dire que, malgré ses longues et persévérantes recherches, M. de Susini en soit arrivé là dès à présent ; mais, bien que sa machine laisse encore à désirer au point de vue de la rapidité et de la précision du travail, il nous est impossible de ne pas la signaler comme offrant des combinaisons très-ingénieuses qui permettent d'espérer qu'elle remplacera un jour, d'une manière pratique, par une simple surveillance, une main-d'œuvre coûteuse et qu'il est difficile de se procurer.

Les principaux caractères de cette machine sont les suivants : 1° Un aspirateur attirant une à une les feuilles de papier coupées à l'avance à la dimension voulue ; 2° la formation du tube de papier, et le bourrage du tabac en proportion constante, avec faculté de changer le calibre à volonté, la même machine pouvant ainsi exécuter à la fois plusieurs cigarettes de dimensions différentes ; 3° le pliage des têtes de la cigarette par une disposition imitant le travail que l'ouvrier exécute avec un de ses ongles qu'il laisse pousser à cet effet ; 4° enfin la sortie de la cigarette, estampée à sec et en relief dans le sens de sa longueur.

§ 6. — Machines à faire les enveloppes.

Deux machines à fabriquer les enveloppes ont été particulièrement remarquées. L'une de ces machines, disposée pour gauffrer, plier et coller les enveloppes, constitue un progrès

Digitized by Google

comparativement aux machines exposées en 1862, en ce sens que les feuilles de papier, dont la forme générale peut être définie en disant qu'elle est inscriptible dans un losange, se trouvent successivement détachées du tas par un organe automatique. Pour comprendre le jeu de cet organe, il suffit de concevoir deux petits orifices situés au-dessus des extrémités de la longue diagonale du losange, et par lesquels se fait une aspiration d'air qui soulève délicatement la feuille de papier et supplée ainsi à la main de l'ouvrier. — Cette ingénieuse application du principe de la ventouse a paru au Jury motiver une distinction spéciale pour la machine de MM. Robineau et Roumestant, de Paris.

Il est impossible de ne pas dire ici quelques mots de la machine à faire les sacs de papier. — La fabrication mécanique des sacs de papier a été essayée plusieurs fois, avec plus ou moins de succès, au point de vue technique. A l'Exposition de 1862, on remarquait deux ou trois machines de ce genre : la meilleure était une machine américaine qui travaillait avec beaucoup de précision, et surtout avec une vitesse surprenante. La machine de MM. Bréchon et C^ie^, sans être une copie de la machine américaine de 1862, offre cependant avec celle-ci une assez grande analogie. Elle travaille d'une manière continue, à ce point qu'il y a toujours au même moment, sur la machine, plusieurs sacs à divers degrés d'avancement. Elle est construite dans des conditions qui sont de nature à assurer, selon nous, son avenir commercial.

§ 7. — Machines à faire les bouchons, à sculpter de petits objets, etc.

Imaginons un morceau de liége préalablement débité dans une plaque d'une épaisseur égale à la longueur du bouchon qu'on veut obtenir ; plaçons ce morceau de liége dans un étau susceptible de tourner autour d'un axe horizontal, de manière qu'on puisse régler à volonté la conicité du bouchon. Supposons enfin que le mouvement d'un levier mis à la main

de l'ouvrier, produise à la fois : 1° l'application de la lame de couteau contre le morceau de liége ; 2° le mouvement de progression et de rotation simultanées du liége, en vertu de l'entraînement des guides de l'axe de rotation, qui consiste en un arbre rotatif, de section polygonale tordue suivant une hélice à grand pas. — Nous aurons ainsi, réduit à sa plus simple expression, le principe de la construction de l'excellente machine exposée par M. Gleizer, de Paris. Il est regrettable toutefois de ne pas rencontrer dans cette machine un perfectionnement qui appartient à une machine américaine dont nous avons eu connaissance, et qui consiste en ce que la matière, ordinairement perdue par l'effet de la conicité du bouchon, se trouve, au contraire, économisée, c'est-à-dire utilisée.

La machine de M. Raux, de Paris, destinée à sculpter automatiquement de petits objets, tels que têtes de cannes, manches d'ombrelles, etc., est fondée sur le principe du tour à portrait. — Si nous la mentionnons ici, c'est parce qu'elle est disposée de façon à permettre de sculpter deux pièces à la fois, l'une en avant et l'autre en arrière du modèle. A cet effet, chaque pièce est attaquée par deux outils rotatifs, l'un dégrossisseur, l'autre finisseur ; le premier tourne autour d'un axe horizontal et ébauche la forme générale de l'objet ; le second, tournant autour d'un axe vertical, imite l'action de l'outil de la machine à percer, fouille tous les détails de l'objet et le sculpte, à proprement parler.

§ 8. — Machines diverses.

Nous rangeons sous ce titre un peu vague, comme l'est d'ailleurs celui de la classe tout entière, divers appareils à l'égard desquels nous n'avons que quelques mots à dire. De bonnes machines à fabriquer les agrafes, connues d'ailleurs, ont été exposées. Le Jury a distingué la machine de M. Bourgerie, de Paris, qui, en vertu d'ingénieuses combinaisons mécaniques que nous ne saurions faire comprendre sans figures,

Digitized by Google

donne des agrafes qui ne peuvent se désagrafer d'elles-mêmes. Plusieurs machines à *fendre le peigne*, d'une bonne exécution, ont été exposées. — Mais nous nous bornerons à signaler, comme chose nouvelle à notre connaissance, du moins en ce qui concerne ce genre de fabrication, une machine à *entretailler* dont l'objet est d'augmenter le rendement de la matière première. Pour cela, le constructeur, M. Renout (d'Ezy-sur-Eure), a appliqué à sa machine à tailler les peignes le principe de la machine américaine à faire les clous, sans perte de matière première, qui a été très-remarquée à l'Exposition. Si nous considérons, en effet, un peigne ordinaire dans lequel le vide des dents est égal à leur épaisseur, on voit que ces deux peignes peuvent être engrenés à fond, et, sans jeu, l'un dans l'autre; si donc, par imitation de cette disposition, on prend une plaque de caoutchouc durci, par exemple, et qu'on pratique des fentes très-fines, à des intervalles convenables, on voit qu'on pourra tirer de cette plaque deux peignes, au lieu d'un; car il suffira ensuite de les détacher l'un de l'autre à la faveur d'une température convenable. Si nous ajoutons à cela que la machine de M. Renout *entretaille* également les grosses et les fines dents, opérant d'elle-même, dans la fabrication d'un démêloir, le passage brusque d'une série de dents à l'autre, nous aurons donné, autant que l'absence d'un dessin nous le permet, une idée précise de cette ingénieuse machine.

Des presses puissantes, d'une exécution remarquable, destinées à gauffrer le papier et le cuir sur de grandes surfaces, ont été exposées par M. Steinmetz, de Paris. Le principe de la presse *muette*, c'est-à-dire de l'estampage à pression et sans choc, a été réalisé d'une manière heureuse par M. Plançon, de Paris, dans ses deux bonnes machines à fabriquer les boutons. La pression contre les boutons est produite ici par l'intervention d'une hélice à faible pas et à grand diamètre, dont le pourtour comprend environ 60 matrices, fondues trois par trois, et dont le plan incliné, en vertu du mouvement de rotation imprimé à la machine par un moteur quelconque.

Digitized by Google

soulève graduellement lesdites matrices pour former pression sur les boutons. De bonnes dispositions ont été prises, soit pour diminuer les frottements, soit pour chauffer au gaz les matrices, détail qu'on retrouve aussi dans les presses de M. Steinmetz citées plus haut.

Digitized by Google

CLASSE 61

Carrosserie et Charronnage, par M. Louis BINDER, ancien juge au tribunal de commerce de la Seine, et M. Charles LAVOLLÉE, administrateur de la Compagnie générale des Omnibus.

Digitized by Google

CLASSE 61

CARROSSERIE ET CHARRONNAGE

PAR MM. L. BINDER ET C. LAVOLLÉE.

Les progrès de la carrosserie correspondent à l'activité des transports, au développement de la richesse générale, à l'amélioration des routes, aux perfectionnements mécaniques, à une meilleure division du travail. Depuis le commencement du siècle, ces différentes causes ont exercé leur action sur l'industrie qui fabrique les voitures.

Les éléments du transport, tant pour les personnes que pour les marchandises, se sont multipliés dans une proportion très-considérable, surtout depuis que les chemins de fer, en facilitant les voyages rapides à grandes distances, ont créé, dans les villes où ils aboutissent, comme dans les campagnes qu'ils traversent, cet immense mouvement d'hommes et d'affaires qui s'étend et se propage dans toutes les directions. L'accroissement de la richesse et du bien-être général a nécessairement pour résultat, non-seulement d'augmenter le nombre des voitures, mais encore d'appeler sur la fabrication de ce produit les recherches du luxe, les inspirations du goût, les caprices mêmes de la mode, c'est-à-dire, de varier les modèles et de les approprier aux convenances des différentes classes de consommateurs. Quant à l'amélioration des routes, elle est générale ; elle permet d'employer des voitures plus spacieuses, plus commodes et relativement plus légères.

Enfin, le travail mécanique commence à s'introduire dans les grands ateliers de carrosserie, qui sont tout à la fois mieux outillés, mieux organisés et qui peuvent, dès lors, fabriquer plus vite et à meilleur marché.

La fabrication des voitures présente les plus grandes variétés, selon les destinations qu'elles doivent avoir, et selon les régions où elles doivent circuler. Ces distinctions subsisteront, parce qu'elles sont rationnelles et naturelles. Partout le type de la voiture de luxe se distingue du type de la voiture de service. Quelle que soit l'amélioration des voies carrossables, les voitures employées dans les régions montagneuses différeront de celles qui sont employées dans les pays plats, de même que les voitures du Nord auront des dispositions différentes de celles qui sont en usage dans le Midi. Il convient toutefois de remarquer que ces distinctions tendent à s'atténuer, surtout pour ce qui concerne les voitures de luxe, et que les formes les plus usitées chez les peuples les plus avancés dans cette industrie se répandent parmi les autres peuples, de telle sorte que l'on voit aujourd'hui circuler à Paris, à Londres, à Bruxelles, à Berlin, à Vienne, à Madrid, à Florence, des voitures d'un modèle absolument semblable. La fréquence des relations internationales, le développement du commerce, l'imitation réciproque des meilleurs dessins, l'emploi des mêmes matières, bois, métaux, vernis, etc., que l'industrie de chaque pays puise aux mêmes sources ; enfin les enseignements qu'ont répandus, depuis 1851, les Expositions Universelles, expliquent cette uniformité de fabrication qui est un progrès, puisqu'elle aboutit à réaliser partout, dans les voitures de luxe, les trois qualités essentielles, la solidité, la légèreté, l'élégance. Il n'est pas besoin d'ajouter que ces perfectionnements réagissent sur les autres catégories de voitures qui, tout en conservant leur type national ou spécial, profitent des perfectionnements apportés dans le choix et dans l'emploi plus économique des matières premières. Ainsi la carrosserie a participé aux progrès qui ont été accomplis dans toutes les industries à la suite de

Digitized by Google

la première Exposition Universelle. Par le nombre, par la qualité, par la variété, les produits exposés en 1867 sont incontestablement supérieurs à ceux qui avaient figuré dans les concours précédents.

Une branche importante de charronnage a fait presque complétement défaut dans l'exposition de la classe 61 ; nous voulons parler des voitures employées au roulage et aux transports agricoles. Mais les voitures de cette catégorie se trouvaient en assez grand nombre à Billancourt et elles ont été rangées dans la classe des produits de l'agriculture. Nous n'avons donc à les citer ici que pour mémoire. En revanche, la classe 61 a présenté un grand nombre de pièces détachées de carrosserie et de charronnage, dont la fabrication offre un grand intérêt, en ce qu'elle influe directement sur la construction rapide et économique des voitures. On comprend en effet que plus la production est divisée, plus elle tend à la perfection, parce que les mêmes usines, les mêmes ouvriers, en se livrant à la confection en grand des pièces diverses qui entrent dans la construction d'une voiture, essieux, ressorts, ferrures de toute sorte, roues, etc., arrivent nécessairement à les produire d'une façon plus régulière, plus sûre et moins coûteuse ; c'est la loi de la division du travail qui s'applique aux détails de la carrosserie et qui, là comme ailleurs, amène le progrès, la bonne fabrication, le bas prix.

Le nombre des voitures qui figurent au catalogue de l'Exposition de 1867, pour la classe 61, est de 167, dont 68 pour la France et 45 pour l'Angleterre. A Londres, en 1862, il n'était que de 140, et pour la comparaison à établir, il convient de déduire de ce dernier chiffre une dizaine de chariots ou voitures agricoles. Ainsi, numériquement, l'Exposition de 1867 a été plus complète, dans une proportion assez sensible.

CHAPITRE I.

VOITURES DE LUXE.

La voiture dont les types sont le plus nombreux à l'Exposition est le *landau*. Cette voiture se couvre et se découvre à volonté; elle est à la fois voiture d'été et voiture d'hiver ; elle est en usage dans tous les pays et les carrossiers se sont partout appliqués à la perfectionner. Il n'y a vraiment aucune comparaison à établir entre les landaus actuels, légers, élégants, d'un accès facile, très-confortables à l'intérieur, et les anciens landaus, lourds, incommodes et disgracieux, que le consommateur avait abandonnés, lorsque les carrossiers de France et d'Angleterre, comprenant les avantages attachés à ce genre de voiture, se sont mis à l'œuvre pour créer un type presque entièrement nouveau. Des améliorations très-sensibles doivent être signalées dans les systèmes d'ouverture et de fermeture des landaus; quelques-uns de ces systèmes présentent l'avantage de permettre les mouvements de la portière, sans qu'il soit nécessaire au préalable de baisser la glace. On a remarqué particulièrement, dans ce genre, le système adapté à une voiture qu'a exposé un carrossier français, M. Bouillon.

Après les landaus, viennent les *calèches* et *victorias* à flèches et à double suspension. Les flèches en fer ont remplacé les flèches en bois; le montage est généralement bien entendu et les détails révèlent beaucoup de soin et de goût. Les *coupés de ville*, voitures de grand luxe, sont moins nombreux. L'Exposition française en présente deux types très-remarquables, sortis des ateliers de MM. Ehrler et Binder. Quant aux *petits coupés* dont l'emploi se généralise de plus en plus, ils figurent en grand nombre à l'Exposition. Ils sont très-perfectionnés, avec un montage très-simple, avec des roues hau-

Digitized by Google

tes, rapprochées autant que possible l'une de l'autre, et avec un grand confort dans tous les détails qui intéressent l'intérieur de la voiture. Pendant quelque temps, le goût des fabricants, trop docile aux caprices du consommateur, s'était égaré à la recherche de formes trop étroites et d'une suspension trop basse; ces exagérations tendent à disparaître. On revient aux proportions convenables et la voiture conserve assez de légèreté pour être facilement traînée par un seul cheval.

Trois *mail-coachs*, d'une exécution parfaite, figurent à l'Exposition; deux dans la section anglaise, fabriqués par MM. Hooper et Peters de Londres ; un dans la section française, fabriqué par MM. Belvallette frères, de Paris. Jusqu'à ces dernières années, l'Angleterre avait le monopole de ces voitures destinées à transporter un grand nombre de personnes pour les courses et pour la chasse, et elle avait introduit dans ce type de la carrosserie de luxe, de notables perfectionnements. Le développement qu'ont pris en France le goût du sport et l'emploi de grands équipages a déterminé les carrossiers français à étendre la fabrication de ce genre de voitures. Le spécimen produit par MM. Belvallette frères et qui a beaucoup contribué à leur faire décerner une distinction spéciale, dans la classe 61, montre aux consommateurs que, désormais, ils n'auront plus à s'adresser de l'autre côté du détroit pour se procurer ce type de voitures, dont la confection, la suspension et les aménagements si compliqués exigent tout à la fois la science de l'ingénieur et l'art du fabricant. Si les anglais conservent la haute réputation qu'ils se sont acquise dans la construction des *mail-coachs*, la carrosserie française a prouvé qu'elle peut, elle aussi, aborder ce genre avec succès et satisfaire aux commandes.

Les *voitures à deux roues* deviennent de plus en plus rares; elles sont remplacées par les voitures légères à quatre roues, telles que victorias, phaétons, etc., qui offrent plus de sécurité. Parmi les voitures à deux roues qui ont été exposées, on

a remarqué un cabriolet très-élégant sorti des ateliers de M. Ehrler.

Les *drowskis* et *traîneaux* exposés dans la section russe sont bien appropriés à leur destination et à leur emploi spécial. Nous devons le même témoignage aux voitures exposées dans la section américaine; ces voitures à quatre roues très-hautes, ayant le même diamètre, sont d'une légèreté extraordinaire et d'une traction très-facile. Les bois paraissent d'excellente qualité, légers et résistants. La forme de la caisse n'est peut-être pas très-élégante, mais il convient de tenir compte des conditions particulières dans lesquelles ces voitures sont employées. Aux États-Unis, comme en Russie, le climat, l'état des routes, les habitudes de la consommation influent nécessairement sur la forme et sur la construction des voitures qui représentent des types parfois singuliers, dont l'emploi ne semble pas devoir se propager en Europe, où les conditions de la circulation sont toutes différentes.

Tels sont les caractères des voitures de luxe qui ont été présentées à l'Exposition. Nous avons déjà signalé les progrès que l'industrie a réalisés depuis l'origine des Expositions Universelles; ces progrès ne constituent pas, à proprement parler, des innovations; on ne saurait les assimiler aux modifications profondes et radicales qui, pour d'autres industries, ont produit une véritable révolution, soit dans l'essence même du produit fabriqué, soit dans son prix de revient. Ce sont surtout des perfectionnements qui peuvent se résumer ainsi qu'il suit: élégance et variété de formes; légèreté de voitures; simplification dans la disposition des trains et dans le montage; application de meilleurs systèmes pour les marchepieds intérieurs et extérieurs; perfectionnements pour la fermeture des landaus; meilleure fermeture des portières au moyen de procédés ingénieux de serrurerie; confort des aménagements intérieurs de la voiture; emploi de matières plus solides et de meilleure qualité, et, notamment, substitution de l'acier au fer, du bronze

Digitized by Google

à la fonte, etc. Les voitures à grands trains, qui avaient été momentanément abandonnées à cause de leur poids, reprennent faveur, depuis que l'on est parvenu à les rendre moins lourdes, plus roulantes et plus douces au moyen d'un montage mieux entendu. D'un autre côté, les voitures sans trains et montées sur ressorts plats ont été très-simplifiées. Ce système de montage rapproche les roues, en leur donnant beaucoup plus de hauteur ; la suppression de la flèche, en laissant aux roues de devant la facilité de tourner tout à fait sous la caisse, permet la manœuvre plus aisée de la voiture, avantage très-sensible pour les voitures destinées à circuler à l'intérieur des grandes villes, où il existe beaucoup de rues étroites et constamment encombrées.

Après avoir indiqué les progrès réalisés, il convient de signaler une tendance fâcheuse, contre laquelle nous croyons utile de mettre en garde l'industrie de la carrosserie. En présence du succès qu'obtiennent les landaus, plusieurs fabricants s'ingénient à combiner des voitures dites à *transformation*, qui, au moyen de mécanismes, peuvent affecter plusieurs formes, tels que coupés, victorias, calèches, etc., de telle sorte qu'une seule voiture remplisse successivement, suivant les besoins ou le caprice du propriétaire, l'office de plusieurs voitures d'espèce différente. Sans méconnaître l'esprit inventif ni la science mécanique que révèlent ces tentatives, nous devons dire que ces nouveaux systèmes provoquent de graves objections. En premier lieu, les mécanismes compliqués qu'ils exigent ne peuvent être installés à l'intérieur de la voiture qu'aux dépens de la solidité et de l'élégance ; il faut, en effet, pratiquer des entailles dans la caisse et laisser dans certaines parties, notamment aux contours des portières, des fissures ou des ouvertures plus ou moins apparentes qui donnen accès à la poussière ou à la pluie. En second lieu, les ressorts intérieurs du mécanisme produisent, au bout de peu de temps, des bruits de ferraille qui sont fort désagréables et ne conviennent en aucune façon à une voiture de luxe, sans compter

que cette addition de pièces métalliques augmente le poids. Enfin, si soigneux que l'on suppose le cocher et le palefrenier chargé du lavage, les mécanismes sont nécessairement sujets à des dérangements qui entraînent des réparations et l'envoi fréquent de la voiture chez le carrossier. On croit avoir plusieurs voitures en une seule, et il se trouve le plus souvent que chacune de ces voitures est très-imparfaite. Il n'y a là aucun profit et nous croyons que ces combinaisons, dont on voit plusieurs spécimens à l'Exposition, n'ont point de chance sérieuse d'avenir. L'intérêt et le bon goût des consommateurs suffiront pour réprimer ces prétentions au tour de force. Ce n'est point là qu'est le progrès.

Nous terminerons ces observations par l'indication approximative du poids et des prix des principales voitures de luxe.

POIDS.

Berline sur ressorts à pincettes	650	à 700	kilog.
Landau — —	700	750	—
Coupé à 2 places, sur ressorts à pincettes	350	400	—
— 4 — — —	400	450	—
Calèche à pincettes	380	450	—
Victoria à 1 et 2 siéges	320	350	—

Le poids des voitures augmente d'une manière sensible lorsqu'elles sont montées sur des trains à huit ressorts, à flèche droite et à col de cygne. Cette différence peut varier de 150 à 200 kilogrammes, selon l'importance de la voiture.

PRIX.

Coupé de ville avec siége	8,000	à 9,000	francs.
Berline de ville avec siége	8,500	9,500	—
Caleche à 8 ressorts, à 1 et 2 siéges	5,200	6,000	—
Victoria à 8 — —	4,800	5,500	—
Berline à pincettes	4,500	5,000	—
Landau —	5,000	5,500	—
Coupé à 2 places	3,500	3,600	—
— 4 —	3,600	3,800	—
Calèche à pincettes, à 1 et 2 siéges	4,000	4,500	—
Victoria à 1 siége	2,500	3,000	—

Digitized by Google

Ces prix ne sont qu'approximatifs; ils s'appliquent à la carrosserie dite de luxe. C'est en France que les prix paraissent être les moins élevés, si l'on tient compte de la qualité des produits. En comparant les prix français avec les prix anglais, on trouve, au profit des premiers, une différence de 5 et quelquefois même de 10 pour 100. En général, les prix des voitures de luxe ont peu varié depuis cinquante ans, bien que les voitures soient mieux faites. Les économies qui ont été réalisées, par suite des plus grandes facilités d'approvisionnement des matières et d'un meilleur outillage, ont été compensées par l'augmentation du prix de main-d'œuvre. Partout les salaires se sont élevés dans des proportions plus ou moins sensibles. Il n'y a qu'à se féliciter de ce résultat qui assure au travail manuel une rémunération plus forte et un prélèvement plus avantageux sur les bénéfices de la fabrication.

CHAPITRE II.

VOITURES DE SERVICE.

Les seules voitures de service qui figurent à l'Exposition sont des omnibus. Il est regrettable que les industriels qui fabriquent ou qui exploitent les voitures de louage, telles que fiacres, cabs, victorias, etc. , n'aient point jugé devoir se présenter au concours. Le public est très-intéressé à ce que ces véhicules se perfectionnent, tant sous le rapport de la légèreté qu'au point de vue des dispositions intérieures. On aurait été heureux d'avoir à signaler des progrès réalisés dans cette industrie.

Les omnibus forment trois catégories distinctes :

1° Les omnibus de famille, employés pour la promenade ou pour la chasse.

2° Les omnibus qui servent au transport des voyageurs entre les gares de chemins de fer à l'intérieur des villes.

3° Les omnibus qui exploitent dans les grandes villes le transport en commun. Chacune de ces catégories est représentée à l'Exposition de 1867. Le type le plus remarquable est celui qui a été exposé par la Compagnie Générale des Omnibus de Paris.

Déjà, en 1862, la Compagnie des Omnibus avait envoyé à l'Exposition de Londres un modèle de ses voitures. Ce modèle a reçu de nouveaux perfectionnements. Le poids de la caisse a été allégé ; le diamètre des roues de devant a été augmenté afin de faciliter le roulement ; on a pu supprimer l'échancrure, pratiquée jusqu'alors dans les brancards pour le passage des roues, et donner ainsi à la caisse plus de solidité et plus d'élégance ; les boîtes en bronze ont été substituées aux boîtes en fonte ; les rampes d'impériale ont été exhaussées de manière à offrir un appui plus à la portée des voyageurs. La Compagnie avait exposé deux omnibus, l'un, complétement fini, l'autre, en blanc ; les visiteurs ont pu se rendre compte de tous les détails de la construction, de la nature et de la qualité des matériaux employés.

Le problème à résoudre, pour ce genre de fabrication, est très-compliqué ; il convient que la voiture transporte le plus grand nombre possible de voyageurs, afin que le tarif destiné à couvrir les frais de transport puisse être réduit au taux le plus bas ; il faut donc diminuer autant que possible le poids mort, c'est-à-dire le poids de la voiture vide, afin de réserver l'effort de traction des chevaux, effort qui a ses limites, pour enlever et traîner la plus grande somme de poids utile, c'est-à-dire le plus de voyageurs. En même temps, il est essentiel que la voiture ainsi combinée, légère et destinée à recevoir un chargement très-lourd et très-irrégulier, soit très-solide, car l'exploitation ne comporterait point la nécessité de réparations trop fréquentes.

A l'origine, les omnibus de Paris ne transportaient, avec deux chevaux, que 16 ou 17 voyageurs d'intérieur, ce qui, avec le cocher et le conducteur, faisait 17 ou 18 personnes.

Digitized by Google

Aujourd'hui, grâce aux perfectionnements introduits dans l'ensemble de la construction et dans le montage, ils transportent 14 voyageurs à l'intérieur, 12, et même quelquefois 14 à l'impériale; soit, avec le conducteur et le cocher, 28 ou 30 personnes.

Dans son rapport sur l'exposition de la carrosserie à Londres, en 1862, M. le général Morin a fait connaître les procédés de fabrication en usage dans les ateliers de la Compagnie des Omnibus. Depuis cette date, la Compagnie a augmenté le nombre des machines qu'elle emploie, notamment pour la confection des roues, dont toutes les parties : jantes, rais, moyeux, sont aujourd'hui fabriquées et assemblées à la mécanique. Il est, en effet, possible et économique d'employer les procédés mécaniques pour une industrie qui fabrique en grand les mêmes modèles, ayant les mêmes formes et les mêmes dimensions. Ce système est moins applicable dans les ateliers de la carrosserie de luxe, qui doivent modifier, pour les divers modèles de voitures, la forme et la force des pièces.

CHAPITRE III.

PIÈCES DÉTACHÉES DE CARROSSERIE.

L'exposition des pièces détachées de carrosserie comprend les principaux éléments : bois, fer, acier, qui entrent dans la construction de la voiture.

Pour ce qui concerne le travail du bois, le progrès se manifeste par l'emploi des procédés mécaniques, appliqués particulièrement à la construction de la roue. L'usine fondée à Courbevoie par MM. Colas, Delongueil et Communay commence à rendre de grands services, comme on peut en juger par les nombreux spécimens et par les dessins des machines-outils qui figurent dans son exposition. Si la carrosserie de luxe proprement dite doit continuer à n'employer que le tra-

vail à la main pour obtenir des formes et des dimensions qui varient presque avec chaque voiture, il est évident que la carrosserie, destinée à la consommation ordinaire, peut tirer parti des ressources que la mécanique lui offre pour diminuer ses prix de revient, en se procurant dans des usines spéciales un certain nombre de pièces, auxquelles il ne reste plus qu'à donner le dernier fini.

Une grande variété de ressorts a été exposée par les principales usines de France, d'Angleterre et de Prusse. Dans ces trois pays, en Prusse surtout, l'acier est arrivé à un haut degré de perfection, et l'agencement des ressorts pour la carrosserie a largement profité du progrès que les ingénieurs se sont appliqués à réaliser dans la fabrication des ressorts pour les véhicules des chemins de fer. On a remarqué également la bonne confection des essieux et d'ingénieuses combinaisons de boîtes. Nous n'avons cependant aucune innovation importante à signaler. L'Exposition de 1867 se distingue plutôt par la perfection des produits que par l'invention de nouveaux systèmes, ou du moins les rares innovations qui se sont produites n'ont point pour elles la consécration d'une expérience suffisante, pour que l'on puisse se prononcer sûrement à leur égard. On sait que, en matière de carrosserie, il ne suffit pas qu'une combinaison soit conforme aux règles de la théorie et aux principes de la science. La voiture est assujettie à tant d'actions et d'influences extérieures et indépendantes d'elle : état des routes, traction du cheval, conduite du cocher, etc., que les systèmes les meilleurs et les plus rationnels, en apparence, se heurtent, dans la pratique, contre des obstacles que toute l'habileté du carrossier ne peut être certaine de maîtriser.

Nous avons indiqué, dans le cours de ce rapport, le caractère général de l'Exposition de 1867 pour la classe 61. Les progrès de la fabrication dans tous les pays sont incontestables; chaque nation imite et s'approprie les formes et les procédés d'exécution en usage chez les peuples les plus avancés dans

Digitized by Google

l'industrie. Si le consommateur profite de cette amélioration universelle, l'ouvrier en tire également son bénéfice, car partout le taux de la main-d'œuvre a haussé.

Le résultat du concours a été très-honorable pour l'industrie française, comparée avec l'industrie anglaise, qui était considérée, jusqu'alors, comme supérieure.

Les statistiques du commerce attestent, d'ailleurs, les progrès réalisés par l'industrie française, dont les exportations ont quadruplé depuis vingt ans et dépassent, aujourd'hui, une valeur de 4 millions de francs. Les produits sont expédiés dans tous les pays étrangers, en concurrence avec ceux de l'industrie anglaise.

Sur un seul point, les carrossiers français ont à s'inspirer des exemples de leurs rivaux d'outre-manche; nous voulons parler des dispositions intérieures de la voiture. On est généralement mieux assis et plus à l'aise dans les voitures anglaises. Les Anglais n'hésitent pas à sacrifier, quand il le faut, l'élégance au confort. Il convient d'appeler sur ce détail très-important l'attention des carrossiers français, qui sauront, nous n'en doutons pas, concilier le confort avec l'élégance des formes.

En résumé, l'exposition de la carrosserie, en 1867, a révélé de sérieux progrès. La France et l'Angleterre y ont tenu le premier rang, et, si l'on se reporte à la liste des récompenses décernées, il est permis de dire que, dans cette branche d'industrie, la France n'a plus à s'incliner désormais devant aucune supériorité.

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 62

Bourrelerie et sellerie, par M. Noisette, ingénieur, directeur des ateliers et des constructions de la Compagnie générale des Omnibus.

Digitized by Google

Digitized by Google

CLASSE 62

BOURRELERIE ET SELLERIE

PAR M. NOISETTE.

L'exposition de la classe 62 a été aussi complète que possible. Trente nations y ont pris part et trois cents fabricants ont envoyé leurs produits. Chaque nation a exposé des spécimens de harnais, et il en résulte, au premier abord, une certaine variété dans les formes et surtout dans l'ornementation des articles destinés à la consommation de luxe. Toutefois, on reconnaît que, peu à peu, les formes spéciales tendent à disparaître pour faire place aux types adoptés en France et en Angleterre, où se trouvent les grands centres de fabrication, et il y a lieu de prévoir que, dans un avenir plus ou moins prochain, les types anglais et français seront en usage dans le monde entier.

Déjà la Grande-Bretagne exporte dans ses nombreuses colonies, disséminées sur tous les points du globe, pour une valeur de 8 millions de francs, en selles et harnais. Ces produits, plus perfectionnés et moins coûteux, parce qu'ils sont fabriqués par grandes masses, se substituent à ceux de l'industrie indigène. De même, dans les pays d'Orient, où la sellerie a eu, de tout temps, une grande importance, à raison des soins particuliers qui y sont donnés aux chevaux, on commence à ne plus employer, pour la consommation ordinaire, que les modèles

Digitized by Google

européens. L'exposition de la Turquie présente des selles, dites anglaises, à l'usage des pachas.

Tout en tenant compte des différences que les chevaux présentent dans leurs formes et de la diversité des emplois et des régimes de traction auxquels ils sont soumis dans chaque pays, on doit considérer que la disposition des harnais a partout pour objet la solution du même problème, à savoir : la facilité, la douceur et la sécurité de la traction. Ce résultat paraît atteint, dans tous les pays d'Europe, de manière à laisser peu de place aux inventions nouvelles, et, en effet, l'Exposition Universelle ne présente, en matière de sellerie, aucune innovation qui mérite d'être signalée ; on ne remarque que des perfectionnements de détail dans le mode de fabrication, et notamment l'emploi des machines à coudre, pour les piqûres des harnais légers. Quelques modifications ont été tentées dans le rembourrage des colliers, dans les fermetures et dans les moyens de régler les dimensions, selon l'encolure du cheval ; mais ces essais, qui datent de plusieurs années, n'ont pas encore été consacrés par la pratique. Nous ferons la même observation à l'égard des systèmes de dételage instantané et d'arrêt pour les chevaux emportés. L'esprit d'invention s'est beaucoup exercé dans cette direction; malheureusement le résultat ne paraît pas encore certain.

§ 1. — Selles et harnais.

Si l'on compare les harnais fabriqués dans les différents pays, on remarque que les harnais français se distinguent par leur élégance autant que par leur solide exécution et par le choix des matières qui entrent dans leur confection. Les formes sont gracieuses et remplissent en même temps toutes les conditions d'un bon ajustement. Les progrès réalisés dans la fabrication des cuirs, particulièrement pour les cuirs vernis, ont beaucoup influé sur ceux de la sellerie.

L'exposition espagnole est la seule qui ait disputé à la

Digitized by Google

France le premier rang. Un fabricant de Madrid a exposé des produits tout à fait remarquables. La pureté du dessin, l'excellente confection des selles et des harnais, l'exécution très-habile du gaufrage dans les selles et dans les vernis sont de véritables tours de force, qui, après avoir excité l'admiration chez les fabricants, éveilleront leur émulation et seront, à coup sûr, imités dans les autres pays.

L'Angleterre n'a exposé qu'une petite quantité de harnais, mais les selles qui figurent à l'Exposition sont parfaitement fabriquées. Les selliers anglais ont présenté des arçons en bois de coudrier, qui se distinguent par leur bonne forme et par leur légèreté. Jusqu'ici, ces sortes d'arçons n'ont été exécutés qu'en Angleterre. Il y a là un emprunt à faire pour les autres pays.

Les harnais russes ont particulièrement appelé l'attention, à cause des faibles dimensions des lanières de cuir dont ils sont composés. A voir l'exiguïté et la légèreté de ces lanières, on pouvait douter de leur solidité. Mais le jury a procédé à des essais comparatifs à l'aide du dynamomètre Perreaux. Les cuirs français, des meilleures provenances, ont donné une résistance de 4 kilogrammes par 1 millimètre de section, tandis que les cuirs russes ont dépassé 9 kilogrammes. Cette différence, qui résulte d'essais fréquemment répétés sur les échantillons produits à l'Exposition, attesterait, pour les cuirs russes, une supériorité très-marquée, qui doit provoquer l'attention des tanneurs français. L'industrie de la sellerie ne peut que profiter de la concurrence qui va incontestablement s'établir entre les cuirs russes et les cuirs réputés les meilleurs des autres provenances. L'apparition des cuirs russes a été une véritable révélation pour les personnes compétentes qui sont intéressées aux progrès de la sellerie.

Parmi les autres pays qui ont exposé des harnais, la Prusse et le Danemark méritent également une mention, pour la bonne exécution de leurs produits.

Digitized by Google

§ 2. — Fouets, cravaches, sticks.

Pendant longtemps, l'Angleterre a conservé une supériorité très-marquée pour la fabrication de ces produits accessoires de la sellerie, surtout pour les produits destinés à la consommation de luxe. Elle ne s'est point laissé dépasser, mais la France, la Prusse, la Belgique, l'Espagne, peuvent aujourd'hui lutter avec elle. Il n'y a vraiment plus de différence, soit pour l'excellence des matières, soit pour l'élégance des formes, entre les produits anglais et les produits français. Pour les fouets communs, la France possède les fouets dits *Perpignan*, en bois de celtis, qui sont d'un usage général pour les voituriers et les cochers des voitures publiques.

§ 3. — Éperonnerie.

Cette branche de la sellerie comprend la fabrication en acier, en fer et en fonte malléable des éperons, des mors et des étriers. De même que, pour les fouets et les cravaches, l'Angleterre a été longtemps, pour la production de ces articles, en avance sur tous les autres pays. L'exposition française atteste des progrès qui l'élèvent au niveau de l'exposition anglaise; on peut même dire que, pour l'élégance des formes, elle est devenue supérieure. Au surplus, les perfectionnements remarqués dans les diverses branches de la sellerie française s'expliquent par le développement des goûts du sport, par la direction intelligente qui a été imprimée, depuis quelques années, à l'élève des chevaux, et par les soins particuliers qui ont amené l'amélioration de la race chevaline. Tous ces progrès se tiennent et procèdent les uns des autres. L'exemple de l'Angleterre, où l'hygiène et le culte du cheval ont été de tout temps poussés à un si haut degré, a servi d'enseignement aux autres nations et la France a su en profiter largement.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'Exposition de 1867, pour la sellerie, n'a point révélé d'inventions ni d'innovations

Digitized by Google

qui méritent d'être signalées ; ce qui la caractérise, c'est la perfection de plus en plus grande dans les procédés de fabrication. Les harnais sont plus légers et ornés avec plus de goût, et ce double progrès est appréciable chez tous les peuples qui, aujourd'hui, s'inspirent des mêmes modèles et emploient les mêmes matières que l'expérience a consacrées. L'Exposition de 1867 l'emporte, d'ailleurs, sur les Expositions précédentes, tant par le nombre des exposants que par la variété et la bonne confection des produits.

Digitized by Google

CLASSE 63

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

SOMMAIRE :

Section I. — Chemins de fer; exposé économique, par M. Eugène Flachat, ingénieur-conseil des Chemins de fer de l'Ouest et du Midi, membre des Jurys Internationaux de 1855 et 1862, et M. Théodore de Goldschmidt, ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer du Sud de l'Autriche.

Section II. — Voie et matériel fixe de la voie, par les mêmes.

Section III. — Locomotives, par M. Couche, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines.

Section IV. — Matériel roulant, voitures et wagons, par M. Henry Mathieu, ingénieur au chemin de fer du Midi.

Section V. — Signaux, par M. Jules Morandière, ingénieur civil, attaché à la Compagnie du Chemin de fer du Nord.

Section VI. — Modèles et dessins de gares, stations, remises et dépendances diverses, par le même.

Digitized by Google

Digitized by Go

CLASSE 63

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

SECTION I

CHEMINS DE FER. — EXPOSÉ ÉCONOMIQUE,

PAR MM. EUGÈNE FLACHAT ET DE GOLDSCHMIDT.

CHAPITRE I.

PART DES CHEMINS DE FER DANS LA VIABILITÉ GÉNÉRALE DES CONTRÉES REPRÉSENTÉES A L'EXPOSITION UNIVERSELLE.

Viabilité de la France, — de l'Angleterre, — des États-Unis d'Amérique, — des Indes anglaises, — de la Confédération de l'Allemagne du Nord, — de l'Autriche, — de la Bavière, — du Wurtemberg, — de la Belgique, — de l'Espagne, — de la Russie, — de la Suède, — de la Norwége, — de l'Italie, — de la Suisse.

La viabilité est maintenant considérée comme la plus immédiate des nécessités de l'industrie, et l'Exposition apporte à cet égard, de toutes les contrées du globe, un témoignage significatif de l'intérêt qui s'attache à cette grande question.

Les routes, les rivières, les canaux, les chemins de fer et la

mer y sont représentés par les moteurs et par les véhicules servant au transport; par les grands travaux d'art; par les progrès de la métallurgie dans la fabrication des rails; par les engins propres à charger et à décharger les fardeaux; enfin, par une infinité de preuves matérielles d'une incessante recherche des moyens de transporter avec rapidité, confort et économie, les hommes et les choses. On peut dire que l'Exposition de 1867 ne laisse, en ce qui concerne le développement des chemins de fer, depuis 1862 jusqu'à 1867, qu'un embarras, celui d'être bref en essayant de l'esquisser, tant les circonstances qui expliquent ce développement sont variables.

L'établissement des chemins de fer ne peut être envisagé séparément des circonstances générales de la viabilité du territoire qu'ils fécondent, et il est intéressant, à cet égard, de faire ressortir la diversité des conditions dans lesquelles ils ont pris naissance.

Viabilité de la France. — La viabilité, qui est une des plus complètes et des plus également réparties, se résume aujourd'hui dans 518,000 kilomètres de chemins vicinaux, dont 250,000 restent encore à l'état de terrassement ou de sol naturel; dans 86,628 kilomètres de routes départementales ou impériales; dans 9,525 kilomètres de voies navigables à l'état d'entretien sur 14,000 qui sont flottables et navigables; dans 15,750 kilomètres de chemins de fer exploités et 5,290 kilomètres en construction ou à entreprendre immédiatement. La France a une superficie de 543,041 kilomètres carrés et 68.8 habitants par kilomètre carré.

A ce réseau viennent s'ajouter : 1° les chemins de fer d'intérêt local en construction et récemment concédés, qui intéressent neuf départements et dont la longueur est de 651 kilomètres. Les subventions allouées aux concessionnaires s'élèvent à 16,752,852 francs. 24 départements ont voté, en principe, l'établissement de plusieurs chemins de fer; 24 autres ont mis

Digitized by Google

des lignes à l'étude; 2° les chemins industriels desservant des bassins houillers ou de grands centres métallurgiques. Ils sont au nombre de 31 et leur longueur est de 167 kilomètres; 145 kilomètres sont en exploitation; 21 de ces chemins unissent des usines aux grands réseaux des chemins de fer, 5 les relient à un canal, 3 à un chemin de fer et à un canal à la fois, enfin, 2 unissent un canal à un chemin de fer.

L'Exposé de la situation de l'Empire (novembre 1867), contient sur le réseau français de chemins de fer les paroles suivantes : « Le Gouvernement a déjà exprimé plusieurs fois l'intention de compléter le grand réseau des chemins de fer de l'Empire, en comblant les principales lacunes qu'il présente encore. On espère être prochainement en mesure de soumettre au Corps législatif des conventions qui assureraient l'exécution d'un certain nombre de lignes nouvelles. Quant à celles qui, malgré leur caractère d'utilité publique, ne seraient cependant pas comprises dans ces conventions, elles pourraient être l'objet d'un classement qui permettrait au Gouvernement d'en commencer l'exécution, en attendant qu'elles puissent devenir, à leur tour, l'objet de concessions régulières. »

Le coût kilométrique des chemins de fer français est :

Part des Compagnies	374,652 fr.
Part de l'État	68,638
Dépense totale par kilomètre	443,290 fr.

Le réseau entier de 21,040 kilomètres aura coûté :

Aux Compagnies	7,882,680,000 fr.
A l'Etat	1,446,000,000
Total	9,328,680,000 fr.

Les voies navigables ont coûté 700 millions à l'État; les routes et chemins, estimés au coût actuel, représentent très-approximativement 2,750 millions de francs, dont un cinquième dépensé par l'État.

L'ensemble des dépenses d'établissement de la viabilité est donc, au minimum, en France, de 12 milliards.

L'intérêt que le pays attache à compléter ses moyens de transport est attesté par une dépense annuelle de 200 millions environ, en travaux de construction et d'entretien des routes et des chemins vicinaux; de 25 à 28 millions pour les voies navigables, et d'environ 420 millions pour les chemins de fer. De 1862 à 1867, inclusivement, 5,536 kilomètres ont été achevés en France : dépense annuelle de 340 millions pour une moyenne de 923 kilomètres, et au coût de 370,000 francs le kilomètre. Les dépenses complémentaires de l'ancien réseau élèvent cette somme annuelle à plus de 400 millions; c'est la part des Compagnies. Le budget a la part la plus faible dans l'énorme emploi de capital que nécessitent l'achèvement et l'entretien de la viabilité du territoire; les départements et les communes viennent avant lui, puis, et pour près des deux tiers, l'épargne privée appelée à l'établissement des chemins de fer par la garantie d'intérêt de l'État.

Quant aux transports maritimes, cette part si essentielle de la viabilité, elle est placée, en France, dans un état de souffrance permanent par l'insuffisance des ports. L'infériorité relative de nos transports maritimes ne peut être assez signalée. On oublie trop que le littoral français sur l'Océan et sur la Méditerranée a un développement de 2,360 kilomètres, et que cela vaudrait le plus navigable des fleuves, si les ports complétaient les moyens de navigation. L'effectif de la marine marchande est, en navires à voiles de plus de 100 tonneaux de jauge, de 2,119; il est de 385 navires à vapeur (1865). L'ensemble jauge 75,000 tonneaux.

Viabilité de l'Angleterre. — Les chemins de fer ont pris un développement d'autant plus considérable que les services qu'ils peuvent rendre sont mieux compris.

L'Angleterre, dont la superficie est de 313,128 kilomètres carrés, est, de tous les pays, le mieux doté par la nature quant•

Digitized by Google

aux moyens de communication, et celui qui a le plus fait pour la développer. Sa viabilité se résume dans les chiffres suivants :

Chemins vicinaux..........	160,900	kilomètres.
Routes....................	38,600	—
Fleuves et rivières navigables.	4,020	—
Canaux....................	4,500	—
Chemins de fer exploités....	21,370	—

Ces chemins de fer ont coûté 11,500 millions de francs, soit 538,000 francs par kilomètre.

12,150 kilomètres sont à double voie, 9,220 kilomètres à simple voie,

Depuis 1862, l'Angleterre a augmenté son réseau de chemins de fer de 3,885 kilomètres, soit 777 par an. C'est, au prix de 540,000 francs par kilomètre, une dépense annuelle de 420 millions.

Mais ces magnifiques éléments sont puissamment fécondés par la navigation côtière qui circule sur un littoral de 8,400 kilomètres de développement. Sur ce littoral s'ouvrent les ports les plus spacieux et les plus commodes, à l'entretien desquels le pays consacre une somme considérable. Les transports de port à port anglais y occupent 11,250 navires à voiles et 2,808 navires à vapeur. Ces derniers jaugent ensemble 1,270,240 tonneaux,

Ainsi l'Angleterre, dont la viabilité semblait complète avant la découverte des chemins de fer, en a encore sillonné son territoire. Elle y était plus sollicitée par la circulation des personnes et par les intérêts de l'industrie minérale et manufacturière que par ceux de la production agricole.

Il convient d'examiner l'influence des chemins de fer anglais sur les voies navigables et sur la navigation maritime de ce pays. Depuis l'établissement des chemins de fer, les voies navigables, toutes de trop faibles dimensions, ne jouent plus, malgré l'étendue du réseau (4,500 kilomètres) et la perfection

Digitized by Google

de son tracé, qu'un très-faible rôle dans la viabilité générale. Là, comme ailleurs, les chemins de fer ont imposé une transformation aux autres moyens de transport. Le cabotage par mer a obéi aux besoins de vitesse et de régularité ; la vapeur y a remplacé la voile, ou plutôt celle-ci n'est qu'un auxiliaire de l'hélice ; sur les rivières, elle a, pour la même cause, remplacé le halage, et les canaux s'étant trouvés, par leurs trop faibles dimensions, impuissants à la recevoir, deviennent relativement insuffisants et inactifs.

En France, les chemins de fer avaient amené, comme une conséquence immédiate de l'économie qu'ils réalisaient dans les transports, non-seulement une réduction presque équivalente à la suppression des droits de navigation qui, sur les canaux et les rivières représentent le capital engagé, mais encore la prise à charge par le Gouvernement de la moitié des dépenses d'entretien des voies navigables. A cette condition seule, les canaux français, dont la section et les ouvrages sont, d'ailleurs, de dimensions beaucoup plus grandes que les canaux anglais, ont pu conserver une activité, encore loin d'être, cependant, en rapport avec leur dépense d'établissement et avec le parti à en tirer par de meilleures conditions techniques.

Partout où les chemins de fer ont été établis, le prix des transports a diminué dans la proportion de 4 à 1 par rapport aux voies de terre pour les grandes distances, et de 2 à 1 par rapport aux voies navigables ; mais l'activité du pays, constatée par son commerce intérieur et extérieur, s'est accrue dans une proportion bien plus forte.

Dans tous les pays d'Europe, le Gouvernement et la nation ont été irrésistiblement entraînés à l'établissement des chemins de fer, à peine de déchoir sous tous les rapports, et l'on peut dire de tous que leur vitalité politique et industrielle est en raison de l'étendue kilométrique de leur réseau de chemins de fer.

Digitized by Google

Viabilité des États-Unis d'Amérique. — Le peuple le plus entreprenant sous ce rapport (celui des États-Unis d'Amérique), a construit 52,000 kilomètres de chemins de fer (1). C'est deux fois et demie autant que l'Angleterre. L'immense superficie de son territoire, la nécessité d'en exporter les récoltes ou les richesses minérales, lui imposaient cette unique solution. Aucune contrée n'était cependant plus heureusement douée par la nature d'une puissante viabilité.

Autour d'un territoire de 8,417,136 kilomètres carrés (seize fois plus grand que la France), se développent :

11,039 kilomètres de côtes sur l'Atlantique,
5,570 — — sur le golfe du Mexique,
4,678 — — sur le Pacifique.

Les lacs du Nord offrent un littoral de 5,824 kilomètres d'étendue.

Cet ensemble de 27,111 kilomètres est rattaché à l'intérieur par des fleuves gigantesques.

Le Mississipi uni à l'Ohio y parcourt 3,244 kilomètres en le traversant du nord au sud. Ses affluents principaux : l'Ohio, le Missouri, l'Arkansas, les Moines, l'Illinois et le Red-River franchissent, chacun, à droite et à gauche du grand fleuve, des distances de 2 à 3,000 kilomètres.

L'Ohio, lui seul, a douze grands affluents qui sont de belles rivières. Les pentes en sont faibles, les courants réguliers, et c'est ainsi, dans les plus belles conditions de navigation, que le seul réseau naturel du Mississipi, fréquenté par les bateaux à vapeur, présente une étendue de 25,000 kilomètres.

La vallée du Mississipi (dix fois aussi grande que la France) est donc desservie mieux qu'aucun autre territoire sur le globe,

(1) A la fin de 1860 la longueur des chemins de fer décrétés était de 75,645 kil.
Celle des chemins exécutés.............................. 46,939
Celle des chemins en construction ou à construire 28,706

D'après M. Michel Chevalier, *Voies de communication aux États-Unis*, en 1840, les chemins de fer projetés avaient une longueur de 14,609 kilomètres. 6,814 kilomètres étaient exécutés. Ils n'avaient coûté que 110,000 francs par kilomètre. Mais, depuis, la dépense de construction a été bien plus élevée.

mais la direction des rivières n'y est pas dans le sens de l'exportation qu'appellent les populations et les ports de l'Est; or, l'exportation des produits agricoles et minéraux qui s'alimente des excédants considérables des récoltes sur la consommation intérieure, est, aux États-Unis, le premier de tous les intérêts. Les autres parties du territoire, à l'est et à l'ouest, présentent des circonstances moins favorables de viabilité naturelle que la vallée du Mississipi.

Aussi, bien qu'admirablement servi par de magnifiques fleuves formant un réseau de voies navigables naturelles de 82,000 kilomètres, les Américains avaient déjà, et longtemps avant la découverte des chemins de fer, essayé de relier ces grandes artères navigables par un réseau de 8,357 kilomètres de canaux (1), qui ont coûté 752,617,000 francs (90,000 francs par kilomètre) et qui rendent encore de grands services.

La largeur et la profondeur de ses fleuves avaient permis à la République du Nord-Amérique de construire des embarcations à vapeur de dimensions et de vitesses exceptionnelles (25 à 30 kilomètres à l'heure). Sur plusieurs fleuves, ces bateaux luttent encore, pour le transport des voyageurs, avec les chemins de fer parallèles.

Ce qui a contribué à créer dans cette contrée le peuple le plus marin du globe, ce sont les admirables baies de la Chesapeake, du Potomac, de l'Hudson, du Connecticut, le Merrimac, le Delaware, le James, le Great Peder, le Savannah, l'Alabama qui permettent aux navires de mer et de fort tonnage d'entrer dans l'intérieur à quelques centaines de kilomètres. Les bords de ces fleuves sont devenus le berceau de la plus grande et de la plus habile des marines du monde. Sur la mer, comme sur les fleuves, ont surgi des constructions aussi nouvelles au point de vue de l'art et des dimensions que des résultats obtenus. Ces marines ont demandé au vent et à

(1) En 1860 il y avait 6,971 kilomètres de canaux exécutés sur 10,185 kilomètres projetés. (MICHEL CHEVALIER, *Voies de communications aux États-Unis.*)

Digitized by Google

la vapeur bien plus qu'on n'avait jamais osé rêver en Europe.

La viabilité des États-Unis est le plus fécond des sujets d'étude, parce que rien n'est plus significatif ailleurs sur les services à attendre des voies de communication pour tirer d'un territoire fertile, étendu, riche en minerai, le plus grand parti possible. A ce point de vue, il faut reconnaître que, malgré le nombre et l'étendue des voies navigables, les chemins de fer seuls pouvaient réussir à compléter sa viabilité, parce qu'ils peuvent franchir économiquement les plateaux et les chaînes de montagnes; si la traction y est plus dispendieuse que sur les voies navigables, l'établissement en est plus facile et plus rapide. Nulle part donc, plus qu'en Amérique, les chemins de fer ne sauraient être l'instrument obligé de la colonisation ; de là, le prodigieux développement qu'ils ont reçu dans ce pays ; ils absorbent aujourd'hui son attention et ses efforts; les voies navigables artificielles et les routes sont à l'arrière-plan.

Leur tracé a ramené incessamment vers l'Est où la population est plus compacte et vers les ports de l'Océan pour l'exportation, le mouvement des voies navigables de l'intérieur. Le bas Mississipi et la Nouvelle-Orléans ont été déshérités d'une grande partie des transports que l'Est et le Nord ont attirés à eux. Le chemin de fer de la Nouvelle-Orléans à New-York enlève aujourd'hui aux palais flottants du Mississipi les voyageurs vers l'Est et le Nord.

Une entreprise grandiose s'accomplit en ce moment, c'est le complément des voies ferrées qui tendent à réunir le Pacifique à l'Atlantique. Vivement sollicité par les richesses minérales des États du Centre, l'*Union Pacific Railway* s'embranche sur cinq lignes qui ont, depuis plusieurs années, dépassé Chicago et franchissent la moitié de la distance totale entre New-York et San-Francisco. Cette distance est, par le 40e degré de latitude, de 3,900 kilomètres ; les sinuosités du tracé ajouteraient 700 kilomètres à la longueur totale des chemins de fer de l'Est à l'Ouest, qui est ainsi de 4,600 kilomètres suivant les documents statistiques.

Digitized by Google

L'*Union Pacific Railway*, qui est la dernière lacune de cette grande ligne et dont la construction se poursuit avec ardeur, aura donc 2,200 kilomètres; c'est une longueur double de celle qui traverse la France du nord au sud. Il franchira trois chaînes de montagnes, mais à pentes douces et dont la hauteur est faible ; la plus haute ne dépasse pas 1,870 mètres au-dessus du niveau de la mer, et le tracé ne se tient que très-peu de temps dans la région des neiges permanentes.

C'est au milieu de vastes solitudes que ce chemin se construit, portant avec lui et devant lui sa population ouvrière principalement composée d'Irlandais du côté de l'Est et de Chinois du côté de l'Ouest, avec leurs approvisionnements et avec les matériaux de la construction du chemin. L'ensemble de ce groupe de travailleurs est organisé en villages ambulants. Les Irlandais sont en famille. Habitués à cette vie nomade, ils sont partis du littoral de l'Est, il y a des années, plaçant les rails devant eux. Ils avancent incessamment, toujours liés à la civilisation qu'ils laissent derrière eux et aux ressources qu'elle leur procure, par ces lignes de fer que les Indiens respectent, parce qu'elles portent avec elles des moyens de défense rapides et énergiques.

Chemin de fer dans les Indes anglaises. — Un des faits les plus dignes d'attention est celui de la récente création d'un réseau de chemins de fer dans les Indes anglaises. Son fondateur est Lord Dalhousie. La combinaison financière consiste, de la part du Gouvernement, à appeler les capitaux privés par l'intermédiaire des Compagnies, en garantissant à celles-ci un intérêt de 5 pour 100 sur toutes les sommes dépensées. A cet effet, un contrôle sévère est exercé sur les dépenses.

Le Gouvernement et les actionnaires partageront par moitié les produits nets au delà de 5 pour 100. En cas de guerre, le Gouvernement reprendra les chemins de fer au prix coûtant. 38,704 actionnaires et obligataires anglais, 404 natifs, et 358 Anglais résidant dans l'Inde ont souscrit et payé (1866)

Digitized by Google

1,830 millions de francs. L'œuvre s'est poursuivie, depuis 1855, à raison de 80 à 192 millions par an. Sur 1,531 millions de francs, dépensés avant 1866, 550 millions l'ont été en Angleterre, en rails, ouvrages métalliques, machines et voitures, et 976 millions dans les Indes en terrassements, ouvrages d'art et de mains-d'œuvre diverses.

Le fret des objets transportés d'Angleterre aux Indes pour la construction des chemins de fer, a porté sur 2,863,635 tonnes. 7,950 kilomètres ont été concédés et ils coûteront 2,042 millions de francs, ou 256,000 francs par kilomètre. 5,460 kilomètres sont exécutés et en exploitation (1866). 2,490 kilomètres sont en cours actif de construction.

La recette brute a été, en 1865, de 113 millions de francs; c'est 20,260 francs par kilomètre.

Le *East-India*, de 2,050 kilomètres, a coûté 709 millions, ou 346,000 francs par kilomètre. Il produisait déjà, en 1865, 5 pour 100 d'intérêt de son capital.

Le *Great-India-Peninsula*, de 1,985 kilomètres, a coûté 463 millions ou 228,000 francs par kilomètre. Il produit 10 pour 100 de son capital.

La ligne de *Madras* sur le Sud, de 775 kilomètres, a coûté 150 millions ou 189,000 francs par kilomètre, et il a produit 3 pour 100 dès la première année. La ligne de *Bombay* à *Baroda*, de 510 kilomètres, a coûté 198 millions, ou 376,000 francs par kilomètre, et rapporte 1 1/2 pour 100 dès la première année.

En somme, l'intérêt garanti était, pour 1865, de 57 millions de francs. Le produit net s'est élevé à 43 millions, laissant 14 millions en charge au Trésor. Les tarifs des voyageurs sont de 10^{c} 6 à 14 centimes, pour la première classe, de 6^{c} 25 pour la seconde et de 1^{c} 56 pour la troisième, par kilomètre. Ce dernier tarif donne aux naturels une grande facilité de circulation. Le tarif des marchandises varie suivant la classe de 43^{c} 5 à 10^{c} 9 par kilomètre et par tonne.

Ces détails sont justifiés. C'est un très-grand exemple, venant surtout de l'Angleterre, que celui-là. Rien d'aussi pratique,

Digitized by Google

d'aussi efficace n'avait encore été fait pour associer l'industrie et l'État dans l'accomplissement d'une œuvre aussi difficile. Le succès est dû à l'esprit libéral qui en avait posé les bases.

Viabilité de la Confédération de l'Allemagne du Nord (1). La Prusse et les provinces qu'elle s'est annexées ont toujours fait de grands efforts pour améliorer la viabilité de leur territoire.

Dans l'exposé suivant, nous distinguerons ceux qui se rapportent à l'ancienne Prusse de ceux qui concernent les provinces annexées.

Les routes ont, dans l'ancienne Prusse, une longueur de 36,967 kilomètres (1861). Elles ont coûté, depuis cinquante ans, environ 300 millions dont moitié à la charge de l'État, le reste à la charge des provinces, des communes et des particuliers. Le budget de l'État pour l'entretien des routes est, cette année, de 9,420,000 francs. Celui de la construction des routes nouvelles est de 3,750,000 francs.

Les provinces annexées à la Prusse ajoutent 7,782 kilomètres au réseau des routes ordinaires.

Le réseau des voies navigables de la Confédération est de 7,960 kilomètres, dont l'entretien coûte annuellement à l'État 4 millions de francs. Pour l'amélioration des rivières le budget alloue 1,875,000 francs. Les droits de navigation viennent d'être en partie supprimés, en partie très-réduits.

Le littoral de la Confédération sur la Baltique a une étendue de 950 kilomètres. Il est fermé pendant plusieurs mois de l'année par les glaces. Le littoral sur la mer du Nord a 240 kilomètres. Le Rhin compense en partie l'infériorité de la Prusse sous ce rapport.

(1) La Confédération de l'Allemagne du Nord se compose des deux royaumes de Prusse et de Saxe; de quatre grands-duchés : Mecklenbourg-Schwerin, Mecklenbourg-Strélitz, Oldenbourg et Saxe-Weimar; de cinq duchés, Brunswick, Anhalt, Saxe-Meiningen, Saxe-Cobourg-Gotha, Saxe-Altenbourg; de sept principautés : Lippe-Deltmold et Schaumbourg, Waldeck, Schwarzburg-Rudolstadt et Sachsenhausen, Reuss (Ligne aînée et Ligne cadette), et enfin d'une province du grand-duché de Hesse.

Digitized by Google

Le réseau exploité des chemins de fer est de 9,279 kilomètres. Les provinces annexées y entrent pour 1,618 kilomètres qui ont coûté 200 millions. La dépense d'établissement de ce réseau a été de 2,273,095,000 francs, ou 244,972 francs par kilomètre, donnant un produit net de 19,055 francs, soit 7.8 pour 100 du capital.

La Confédération a une superficie de 362,658 kilomètres carrés; les provinces annexées y entrent pour 64,204 kilomètres. Cette superficie égale les deux tiers de celle de la France.

La population de l'ancienne Prusse est de	19,254,649	habitants.
Celle des provinces annexées de......	5,735,292	—
L'ensemble	24,989,941	habitants

est un peu moins dense qu'en France : 65 habitants par kilomètre carré au lieu de 69.

La comparaison avec la France fournit les rapprochements suivants :

VIABILITÉ.	PAR KILOMÈTRE CARRÉ	
	Prusse.	France.
Chemins vicinaux..........................	Ignorés.	977 mètres
Routes..	104 mètres	162
Voies navigables..........................	22	17.80
Littoral maritime..........................	2.23	4.45
Chemins de fer..............................	25.60	29.71

La comparaison des richesses minérales de la Prusse avec celles de la France compléterait ces chiffres : l'égalité qu'ils mettent en lumière sur le principal instrument de la production des deux pays, le fer, explique le parallélisme du progrès que l'Exposition a révélé entre eux.

Viabilité de l'Autriche. — L'Autriche a une surface de 622,518 kilomètres carrés, presque double de celle de la

Digitized by Google

Prusse. Sa population, de 35,293,000 âmes, est beaucoup moins dense, 57 habitants par kilomètre carré.

Sa viabilité se compose :

de 21,112 kilomètres de routes de l'État.
et de 66,747 kilomètres, routes provinciales et autres;

l'ensemble, de 87,859 kilomètres, produit 141 mètres de routes par kilomètre carré. L'Autriche est donc très-supérieure à la Prusse et elle approche de la France sous ce rapport.

Mais cette contrée est, à l'exception du Danube, déshéritée de voies navigables. Le Danube cette grande artère de l'Autriche, coule dans un sens opposé aux marchés où les produits des provinces qu'il arrose se vendraient aux plus haut prix. Cependant il est un des cours d'eau les plus actifs de l'Europe. En 1865, il était fréquenté par 657 navires dont 134 à vapeur appartenant à la Société Impériale de navigation. Le littoral maritime de l'Autriche sur l'Adriatique est de 440 kilomètres.

Les chemins de fer avaient, en 1865, une étendue de 5,644 kilomètres qui avaient coûté 1,789,237,000 francs ou 277,616 francs par kilomètre.

Malgré l'infériorité apparente que ces chiffres semblent indiquer, l'Autriche se suffit à elle-même dans la fabrication des rails, des machines et du matériel roulant.

L'Autriche avait, la première, franchi les Alpes au Sömmering. Elle vient de les franchir de nouveau au col du Brenner, élevé de 1,367 mètres au-dessus de la mer. La lacune de 124 kilomètres qui séparait Inspruck de Botzen a disparu. 788 mètres de hauteur sont atteints par des inclinaisons de $0^{m}025$ sur un versant, et de $0^{m}0225$ sur l'autre. Le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 285 mètres. Dans ces conditions, l'exploitation déjà économique qui s'opère pour la traversée du Sömmering sera fortement améliorée. La circulation d'un

train coûte, en plaine, 0 fr. 90 par kilomètre, et sur le Sommering, 1 fr. 49 c. Cette différence est encore en progression décroissante.

L'Autriche aura ainsi, deux fois, résolu heureusement une des plus grandes difficultés qu'éprouvent les chemins internationaux, celle de franchir les chaînes de montagnes.

Viabilité de la Bavière. — La Bavière a une superficie de 75,722 kilomètres carrés, supérieure de 11,500 kilomètres carrés à l'ensemble des provinces récemment annexées à la Prusse. Sa population est de 4,744,130 âmes; c'est 63 habitants par kilomètre. Elle avait, en 1862, 27,110 kilomètres de routes; en voies navigables, le Danube, qui la traverse, et le canal Louis, qui a 174 kilomètres de longueur. En 1866, elle avait 1,328 kilomètres de chemin de fer, ayant coûté 319,121,823 francs ou 242,126 francs par kilomètre. Le produit net de l'exploitation de ce réseau était de 10,180 francs par kilomètre ou 4.88 pour 100 du coût de la construction. L'État est le seul exploitant du chemin de fer, et la proportion de la dépense d'exploitation sur la recette brute est de 63.5 pour 100.

Viabilité du Wurtemberg, du duché de Bade et de divers autres États allemands. — La viabilité de ces territoires n'est connue qu'en ce qui concerne les chemins de fer.

En 1866,	le Wurtemberg avait	719	kilom. de	chemins de fer.
—	le duché de Bade..	570	—	—
—	la Hesse grand-ducale	289	—	—
—	les autres États.....	1,429	—	—
		2,718	kilomètres.	

Le duché de Bade, dont la superficie n'a que 15,260 kilomètres carrés (celle de deux départements et demi de la France), a 5,532 kilomètres de chemins vicinaux, 3,031 kilomètres de routes et 719 kilomètres de chemins de fer. Il a 250 kilomètres de voies navigables naturelles. Ces chiffres le

placent en première ligne de tous les États européens sous le rapport de la viabilité. Sa population, de 1,428,000 habitants, est aussi la plus dense, 94 habitants par kilomètre carré. Cependant, faute de développement industriel, peut-être aussi faute de terre cultivable, ce pays est, après l'Irlande, celui qui fournit le plus à l'émigration.

En résumé, le réseau des chemins de fer en Allemagne, Autriche comprise, qui était, en 1855, de 10,536 kilomètres, s'élevait, en 1866, à 19,760 kilomètres; chaque année, pendant dix ans, cette contrée avait ajouté, en moyenne, à son réseau 932 kilomètres, avec une dépense annuelle de 275 millons. La superficie de ce territoire est de 1,157,441 kilomètres carrés; c'est plus du double de celle de la France. Sa population est de 69,612,000 âmes.

La viabilité du territoire y est, en ce qui concerne les chemins de fer et les routes, dans des conditions qui se rapprochent de celles de la France; mais elle est beaucoup moins bien partagée en lignes navigables naturelles et artificielles; elle est presque complétement privée de littoral maritime. Dans ces conditions, l'Allemagne doit compenser par le développement des chemins de fer ces causes d'infériorité. Elle s'est engagée dans cette voie avec résolution.

Viabilité de la Belgique. — La Belgique est, après l'Angleterre, le territoire le plus favorisé au point de vue des conditions naturelles de viabilité. Ses chemins vicinaux y ont une longueur de 17,500 kilomètres et ses routes, de 6,990 kilomètres. Un réseau de lignes navigables, constitué par de très-belles rivières et par 1,500 kilomètres de canaux bien entretenus, dessert admirablement ses usines et ses ports. Les chemins de fer devaient, sur un sol aussi uni et aussi riche sous tous les rapports, compléter, comme en Angleterre, les meilleures conditions de viabilité.

L'ensemble des chemins de fer exploités et en construction a une étendue de 3,995 kilomètres.

Digitized by Google

Le réseau exploité est de 2,367 kilomètres, composés :

1° Chemins construits et exploités par l'État........ 569 kilomètres.
2° Chemins construits par les Compagnies et exploités par l'État.............................. 1,798 —

Ce réseau a coûté 688 millions, soit 290,787 francs par kilomètre. Le produit brut est de 30,832 francs par kilomètre et la dépense de 15,987 francs. Le bénéfice (14,845 francs) donne au capital un intérêt moyen de 5 pour 100, savoir : pour les chemins de l'État, 6.91 pour 100, pour ceux des Compagnies locales, 3.23 pour 100, et pour ceux qu'exploite la Compagnie du Nord de France, 6.49 pour 100. 20 millions de voyageurs et 15,680,000 tonnes de marchandises ont été transportées (1865).

La circulation moyenne par kilomètre de chemin de fer, en France, étant 100, elle est, en Belgique, pour les voyageurs 142 et pour les marchandises 112. Mais la Belgique a une population de 4,985,000 habitants répartis sur 29,455 kilomètres carrés ; c'est 168 habitants par kilomètre carré, tandis que la France n'en a que 69. Le rapport des densités des deux populations est donc, 100 étant celle de la France, de 244 pour la Belgique. La circulation des hommes et des choses sur les chemins de fer est donc relativement beaucoup moindre en Belgique qu'en France.

De 1,767 kilomètres, en 1855, le réseau s'était élevé à 2,367 kilomètres en 1867. Il avait donc été construit 600 kilomètres en douze ans, ou 50 kilomètres par an (il ne faut pas oublier que la superficie de ce pays est dix-huit fois moindre que celle de la France). 1,628 kilomètres de chemins de fer étaient, en outre (1866), en construction ou concédés. Depuis, des concessions nouvelles font espérer que le développement des chemins de fer ne s'arrêtera pas dans ce pays déjà si heureusement doué.

Viabilité de l'Espagne. — L'Espagne, dont la superficie est de 494,946 kilomètres carrés, a 5,110 kilomètres de chemins

de fer en exploitation ; 1,873 kilomètres sont en construction. L'ensemble des chemins concédés y est donc de 7,018 kilomètres. C'est 10m50 de chemin de fer par kilomètre carré du territoire, et, après l'achèvement du réseau concédé, ce sera 14m50. Les mêmes chiffres sont, pour la France, 29m70 et 39m60.

De 1860 à 1863, l'Espagne a ajouté 1,028 kilomètres à son réseau, soit 342 kilomètres, au prix de 105 millions, par an. Depuis 1863, elle a concédé 1,586 kilomètres dont aucun n'est livré à l'exploitation.

L'établissement des chemins de fer a coûté 306,000 francs par kilomètre. La recette brute est de 17,500 francs, la dépense, de 10,820 francs ou 59.5 pour 100. Le produit net fournit ainsi 2.10 pour 100 d'intérêt du capital engagé.

Les routes de première, deuxième et troisième classe terminées et en construction (1864), ont, en Espagne, une longueur de 19,191 kilomètres, dont 14,926 terminées ; c'est 39 mètres par kilomètre carré. La France en a 163 mètres. L'ensemble des routes inscrites et dont les lois ont mis l'exécution à la charge de l'État, est de 35,827 kilomètres. La moitié environ est exécutée.

L'Espagne a si peu de lignes navigables que leur entretien ne paraît pas dans son budget des travaux publics. Ses canaux ou rivières canalisées se réduisent à six et leur longueur totale est de 693 kilomètres.

Quant aux chemins vicinaux, l'Espagne en est dépourvue en ce sens que des 3,585,000 kilomètres de chemins provinciaux et vicinaux dont ses statistiques font mention, 2,010,000 kilomètres sont en projet ; les autres, à peine accessibles pour les mulets, ne permettent pas l'usage des véhicules à roues.

Cette vaste contrée, si surfaite depuis des siècles, quant à ses ressources agricoles, si lente à l'éveil de sa population dans la voie du travail industriel, que serait-elle aujourd'hui si son Gouvernement n'avait pas appelé au secours de cette oisiveté qu'il espérait galvaniser, les capitaux et les hommes qui lui ont

Digitized by Google

apporté les chemins de fer? L'Espagne serait peut-être encore une nation, mais ses provinces seraient entre elles sans cohésion et leur faisceau serait impuissant.

Viabilité de la Russie. — Le gouvernement russe imite l'Autriche et le gouvernement Espagnol. Il rattache les unes aux autres, par les chemins de fer, des nationalités diverses; il a continué la fusion morale commencée par l'affranchissement des serfs, par la fusion des intérêts qui est la conséquence d'une bonne viabilité. Luttant, comme l'Américain du Nord, contre d'immenses solitudes, contre des climats rigoureux et divers, il cherche l'homogénéité du territoire dans l'unique moyen de franchir rapidement et économiquement la distance.

Le système de viabilité de la Russie est, sur notre continent, celui qui offre les plus grandes difficultés: la superficie de ce territoire est, en Europe seulement, décuple de celui de la France, pour une population qui n'est que du double. Ce territoire touche à quatre mers presque intérieures; il renferme un grand nombre de lacs et 30,337 kilomètres de lignes navigables naturelles, créées par de très-beaux fleuves; il est vrai que l'hiver y interrompt la navigation pendant la moitié de l'année. Ces fleuves sont reliés par 1,381 kilomètres de canaux que le froid ferme plus longtemps encore; enfin la neige substitue pendant quatre mois aux routes, aux rivières et aux canaux, un traînage très-économique. Tels sont les éléments naturels de viabilité, la neige l'hiver, les rivières pendant l'été, qui, dans ce pays, compensent l'absence de routes et de chemins vicinaux. Car la Russie d'Europe n'a que 8,416 kilomètres de chaussées. Ses routes postales ont, il est vrai, une étendue de 94,000 kilomètres, mais elles consistent en un tracé sur le sol naturel. Les transports y sont possibles sur roues pendant quatre mois d'été, et par le traînage pendant quatre mois d'hiver. Il ne faut pas compter sur plus de 200 jours par an de communication facile en Russie; mais autant les routes sont insuffisantes, autant les chevaux, les

bœufs et leur nourriture s'obtiennent à un faible prix, de sorte que le blé et le produit des mines parcourent des distances considérables moyennant une dépense inférieure à celle du roulage ordinaire dans des climats plus favorisés.

Les chemins de fer ne tarderont pas à résoudre les graves difficultés qui résultent, dans ces contrées peu peuplées, des grandes variations de la température. 4,513 kilomètres sont en exploitation et 1,649 en construction. Ce dernier chiffre est faible et il indique un ralentissement grave.

La Russie qui, depuis six ans, a dépensé en moyenne 270 millions par an pour construire ses chemins de fer, ne peut s'arrêter un seul jour dans cette voie. Depuis cinq ans, elle a ajouté, en moyenne annuelle, 480 kilomètres à son réseau, en dépensant de 130 à 150 millions.

Viabilité de la Suède. — La Suède, dont la superficie est de 439,813 kilomètres carrés, et la population de 4,114,141 habitants, a 53,867 kilomètres de routes et chaussées, 588 kilomètres de canaux et 1,740 kilomètres de chemins de fer.

La dépense de construction a été de 103,245 francs par kilomètre. L'État en a établi 1,036 kilomètres; 704 l'ont été par les Compagnies. Mais là, comme ailleurs, l'État exploite les chemins de fer aux mêmes conditions que les particuliers, c'est-à-dire avec les mêmes tarifs.

Les canaux de la Suède sont de plus grande dimension que ceux de la France, et ces derniers sont supérieurs, sous ce rapport, aux canaux anglais.

Viabilité de la Norwége. — La Norwége a 359 kilomètres de chemins de fer, dont 68 kilomètres à voie de $1^{m}50$ et 292 kilomètres à voie de $1^{m}067$. Ceux-ci ont coûté 67,450 francs par kilomètre et sont exploités par des machines locomotives à six roues, du poids de 16 tonnes.

Ce qui présente ici le plus vif intérêt, c'est l'adoption récente par l'État, qui a construit et qui exploite ces chemins de

Digitized by Google

fer, de la voie de 1m067. La Belgique en offrait depuis longues années l'exemple entre Anvers et Gand ; cette voie s'y est montrée très-efficace pour les transports de voyageurs et de marchandises. Les chemins de fer de 0m80, 1 mètre, 1m10 et 1m20 de voie ont reçu en France de nombreuses applications sur les gîtes houillers, et les machines locomotives présentées par leurs constructeurs à l'Exposition Universelle sont un des traits les plus saillants du progrès qui s'est accompli, dans ces dernières années, dans la construction des chemins de fer économiques.

Viabilité de l'Italie. — L'exemple le plus remarquable, comme impulsion donnée à l'établissement des chemins de fer, est celui de l'Italie. Son Gouvernement a vu dans les voies ferrées un instrument indispensable d'unité. L'impulsion qu'il leur a donnée démontre le parti pris d'y consacrer une large part des ressources financières du pays.

Dans ces sept dernières années, en effet, l'Italie a augmenté son réseau de chemins de fer de 2,800 kilomètres. En 1865-66, on a ouvert à l'exploitation 701 kilomètres.

Le territoire italien a une superficie de 259,000 kilomètres carrés et une population de 21,750,000 habitants, soit 84 par kilomètre ou 15 de plus que la France ; mais le produit du travail et, par conséquent, l'aisance moyenne sont loin d'atteindre au même niveau. L'industrie manque à l'Italie et la petite culture y laisse peu d'excédant à exporter sur les marchés étrangers.

Le réseau des chemins de fer italiens se composait au 1er janvier 1867 :

En lignes exploitées................	5,104kilom.		
lignes en construction.........	1,289	»	5
lignes concédées à construire...	2,534	»	5
Total......	8,928	»	»

Les 5,349 kilomètres en exploitation au 1er juin 1867 avaient

coûté 1,561,200,000 francs, soit, en moyenne, 291,864 francs par kilomètre ; mais les travaux restant à faire, pour achever les lignes commencées, sont de nature à élever la dépense kilométrique à 325,000 francs.

On estime à 95 millions le secours annuel que l'État doit apporter aux Compagnies de chemins de fer pour l'achèvement du réseau concédé.

La construction des chemins de fer est nécessairement dispendieuse. Les deux lignes du littoral ont à traverser des cours d'eau descendant des Apennins et dont le régime est torrentiel jusqu'à leur embouchure. Les traversées des Apennins exigent des travaux considérables. Celle de Bologne à Pistoie, récemment terminée, présente, sur 98 kilomètres de longueur, 46 souterrains, 28 grands ponts, 21 kilomètres de murs de défense, 9 viaducs et 340 ponts, ponceaux et aqueducs.

C'est la cinquième traversée de montagne par un chemin de fer achevée depuis 1862.

Le réseau italien se lie au réseau continental par le passage des Alpes-Juliennes, à l'Est, et, vers le Nord, par celui des Alpes-Rhétiennes (au Brenner), dus, tous deux, à l'Autriche. A l'Ouest, le Mont-Cenis sera franchi dans quelques années, avec l'aide financière de la France. Il reste 4,556 mètres à percer sur 12,220. La moyenne annuelle d'avancement ayant été de 1,111 mètres pendant ces trois dernières années, et la masse quartzite ayant enfin été traversée, il est permis d'espérer 1,250 mètres d'avancement annuel, comme en 1865.

Le produit brut kilométrique des chemins italiens est, en moyenne, de 17,000 francs, variant de 22,500 à 8,000 francs.

En Italie, comme en Espagne et en Suisse, les capitaux consacrés à l'établissement des chemins de fer ont été presque exclusivement apportés par la France.

L'Italie a ouvert, en outre, 800 kilomètres de nouvelles routes et elle a consacré à cette partie de ses voies de communication environ 18 millions par an. Il lui reste à utiliser le littoral maritime par des ports facilement accessibles et bien

Digitized by Google

éclairés. Nul pays, après l'Angleterre, n'est, au point de vue des services que l'étendue du littoral maritime peut rendre pour faciliter les communications, plus favorisé par ses conditions naturelles.

Viabilité de la Suisse. — La superficie de la Suisse est de 41,418 kilomètres carrés. La population de 2,510,494 âmes. Le réseau des chemins de fer est de 1,257 kilomètres. La densité de la population et l'étendue du réseau des voies ferrées sont donc, en Suisse, dans des conditions à peu près égales à celles de la France.

Le réseau a coûté 364,289,450 francs, soit 325,800 francs par kilomètre. Son produit net est de 13,112,000 francs, soit 10,040 francs par kilomètre, ou 3.71 pour 100 du capital dépensé. Ce capital a été, en presque totalité, fourni par la France. La perte de plus de 150 millions réalisée par elle, pèse lourdement sur le crédit de la Confédération Helvétique. Les mesures rigoureuses prises par les Cantons contre les capitaux étrangers ont paralysé les efforts que fait ce pays pour la traversée des Alpes. Sous l'influence de l'impuissance avérée de ses efforts, la Suisse se décide, après avoir ruiné en France l'épargne privée, à faire appel au concours des gouvernements des États allemands intéressés à cette traversée. Elle leur demande une subvention dans la dépense de 200 millions que coûtera la traversée du Saint-Gothard, si elle est exécutée dans les conditions de celle du mont Cenis.

C'est à cette seule direction que la Suisse consacrera désormais ses ressources. Elle ôte tout concours aux passages du Simplon et du Lukmanier, au pied desquels devront s'arrêter les lignes actuelles.

Avant 1862, les chemins de fer avaient traversé les Alpes au Sommering. Ils ont, depuis, traversé le Guadarrama, entre la province de Madrid et la Castille, deux fois les Pyrénées de la Castille, dans les Asturies et le Guipuscoa ; les Alpes, de nouveau, sur le littoral méditerranéen français et italien, jus-

Digitized by Google

qu'au Brenner; enfin, les Apennins, de Bologne à Pistoie. Aucun État, en Europe, ne s'est arrêté devant une traversée de montagne quand un grand intérêt commercial et de civilisation était en jeu. La Suisse seule est impuissante; cette impuissance la compromet autant que peut le faire une solution de défiance et d'hostilité contre les intérêts de ses voisins.

Extension annuelle du réseau continental des chemins de fer. — En résumé, l'Europe poursuit l'établissement des chemins de fer avec une ardeur qui témoigne des bienfaits qu'elle en attend.

Chaque année, plus de 1,400 millions se dépensent, et 3,600 kilomètres s'ajoutent au réseau continental.

La France y entre pour	400	millions et	925	kilomètres.
L'Angleterre.., ...	420	—	777	—

L'Espagne attend la renaissance de son crédit.

Il faut l'inscrire pour..	50	millions et	150	kilomètres.
L'Allemagne (l'Autriche comprise)	275	—	952	—
La Belgique..........	13	—	50	—
La Russie...........	140	—	400	—
L'Italie.............	80	—	200	—
La Suisse, la Turquie, la Hollande, le Danemark, le Portugal, la Suède.	50	—	150	—
Total....	1,428	millions et	3,604	kilomètres.

CHAPITRE II.

AVANTAGES QUE LES CHEMINS DE FER APPORTENT A L'INDUSTRIE.

Faits généraux. — Tarifs comparés, tarifs différentiels. — France. — Transports sur les voies de terre, chemins de fer à petite voie. — Transports dans les villes, voitures-omnibus. — Transports sur les voies navigables, canaux et rivières. — Isthme de Suez. — Transports sur les chemins de fer. — Angleterre. — Prusse. — Autriche. — Suède. — Norwége. — Publications récentes sur les chemins de fer.

§ 1. — Généralités.

Après avoir ainsi résumé les conditions générales de la viabilité des territoires des différentes nations représentées à l'Exposition Universelle et la part que les chemins de fer y ont aujourd'hui, il nous reste à en rechercher les avantages, c'est-à dire à examiner l'économie que l'industrie européenne retire du fait de leur établissement. Par industrie, il faut entendre ici l'agriculture, les manufactures et les mines. Les transports commerciaux impliquent tout cela.

Le réseau européen des chemins de fer a une étendue d'environ 80,000 kilomètres ; il a coûté 28 milliards.

La recette brute annuelle, qui constitue le prix des transports accomplis est de 2,656 millions de francs, soit 33,100 francs par kilomètre. La dépense d'exploitation varie, pour la France, l'Angleterre et l'Allemagne, entre 45, 98 et 48, 60 pour 100 des recettes brutes. Elle s'élève dans les autres pays à plus de 50 pour 100. On est bien près de la vérité en l'estimant à 49 pour 100 pour l'ensemble.

Le prix payé, par kilomètre, dans les divers pays, par le voyageur, varie entre 5 et 9 centimes.

Le prix payé pour une tonne de marchandise transportée à un kilomètre, varie entre 5.98 et 12.9 centimes.

Digitized by Google

Dans ce prix de 5.98 centimes applicable à la France, entre la houille, dont le prix moyen de transport est de 3.62 centimes.

Mais comme les contrées où le prix est le plus élevé sont celles où les transports sont le moins importants, le prix moyen peut-être compté pour le voyageur à 5.9 centimes et pour la tonne de marchandise à 7 centimes.

L'unité de transport, en assimilant un voyageur à une tonne de marchandise, revient, d'après la proportion des recettes de ces deux natures de transport, qui est comme 12 sur les marchandises et comme 8 sur les voyageurs, à 6.53 centimes.

Une recette brute de 2,656 millions de francs équivaut donc à 41,360 millions d'unités transportées à un kilomètre.

Dans cet ensemble, la France entrait :

En 1866, pour	9,267,000,000	unités.
En 1865, l'Angleterre pour	10,670,000,000	—
En 1863, l'Allemagne pour	6,750,000,000	—
En 1863, les autres pays d'Europe pour	13,673,000,000	—
Total	40,360,000,000	unités.

La différence des services rendus peut être appréciée par les rapprochements suivants :

En Russie, le voyageur paye, par kilomètre, 1864	5c 3
En Suède, 1864	4 7
En Belgique (avant la réduction), 1864	5 4
En Allemagne, 1864	5 5
En France, 1866	5 5
En Suisse, 1864	5 2
En Angleterre, 1865	9

Pour compléter la signification de ces chiffres, il faut comparer ce que ce tarif moyen exprime dans chaque pays, c'est-à-dire la part proportionnelle des voyageurs de première et de seconde classe. Sur l'ensemble des personnes transportées, la supériorité sera en raison directe de la plus forte proportion.

Digitized by Google

Voici donc les chiffres comparatifs :

Il entre en voyageurs de première et seconde classe dans l'ensemble de la circulation des personnes :

En France	0.42
En Angleterre	0.40
En Italie	0.30
En Hollande	0.28
En Suisse	0.24
En Espagne	0.23
En Belgique	0.22
En Allemagne	0.20
En Prusse	0.19
En Suède	0.19
En Russie	0.12

Les pays qui semblaient au même rang que la France dans l'économie des transports des personnes, sont, on le voit, bien loin de l'atteindre.

La tonne de marchandises paye pour le transport à un kilomètre :

En France, 1866	5c	98
En Angleterre, 1863	8 à 9	
En Russie 1864	9	4
En Allemagne, 1864	9	4
En Suède, 1864	11	1
En Suisse, 1864	11	3

La France a donc aussi une supériorité considérable sur les autres nations, quant au transport des marchandises.

Quant à l'économie générale que les chemins de fer apportent à l'industrie européenne, il est facile de la conclure approximativement des chiffres qui précèdent en les rapprochant des prix de transports actuels par les voies intérieures.

En France, le prix du transport d'une tonne de marchandise par voie de terre, est de 0 fr. 20 à 0 fr. 25 par kilomètre ; c'est quatre fois plus que le prix payé aux chemins de fer. Ce prix est beaucoup plus élevé sur les chemins vicinaux.

Cette proportion, appliquée aux 2,655 millions de francs que

reçoivent annuellement les chemins de fer européens, indiquerait une économie annuelle de 7,970 millions de francs sur les transports. Pour la France seule, cette économie serait de 1,850 millions de francs.

On ne peut amoindrir ce résultat de la part que les chemins de fer ont enlevée aux voies navigables, pour plusieurs raisons : la première, parce que les transports par les voies navigables se sont accrus ; la seconde, parce que cette part est trop faible pour pouvoir entrer dans le calcul, et enfin parce que nous n'avons pas fait entrer dans la comparaison les transports par chemins vicinaux, dont les chemins de fer effectuent une partie notable, et qui coûtent beaucoup plus de 0 fr. 25 par kilomètre.

Le coût réel du transport sur les chemins de fer, à comparer avec la même dépense sur les voies navigables et sur les routes de terre, franches de péage, est le prix payé, déduction faite de la part de revenu du capital. La proportion entre les dépenses d'exploitation des chemins de fer et les recettes brutes étant de 49 pour 100, cela signifie que les 6 cent. 53 qui représentent le prix de l'unité de transport doivent se partager de la manière suivante :

Dépenses de transport : traction, entretien de la voie, surveillance, frais généraux de tout genre...........	3c 20
Revenu du capital d'établissement	3 33
Total	6c 53

Pour la France, le calcul s'appuie sur des chiffres plus certains, parce que la statistique est plus complète.

L'unité (un voyageur ou une tonne de marchandise) a payé (1866) pour le transport à un kilomètre.......... 5c 82

Le rapport de la dépense d'exploitation à la recette brute y est de 0.45. Le prix de transport, 5.82, doit donc se diviser :

En dépenses d'exploitation de tout genre........ 2c 62
Et pour le revenu du capital.................. 3 20

Ces 3 cent. 20 représentent 4.57 pour 100 du capital dépensé pour l'établissement des chemins de fer, y compris la part de l'État, ou 5.35 pour 100 du capital apporté par les Compagnies.

Le rapport des dépenses d'exploitation à la recette brute varie entre les différentes parties de l'ancien réseau français de 31.38 pour 100 à 40.5 pour 100, et pour le nouveau réseau de 49, 13 pour 100 à 55 pour 100. Cette différence démontre l'abaissement graduel qui résultera, dans les dépenses de transport, de l'accroissement même de la circulation.

Après avoir ainsi considéré, en général, l'économie que les chemins de fer apportent à l'industrie en Europe, terminons cet exposé par un des côtés singulièrement caractéristiques des bienfaits à attendre des chemins de fer nationaux et internationaux.

En première ligne se placent, dans les transports exécutés par les chemins de fer, la houille, le minerai de fer, le blé et les bestiaux. C'est ainsi que l'utilité la plus contestable des chemins de fer, à l'origine, est celle qui prévaut aujourd'hui. Partout en Europe, les chemins de fer s'organisent pour transporter de fortes masses à de grandes distances. L'Angleterre est, par suite de l'exiguïté des distances sur son territoire, la moins sensible à cet intérêt, et cela ressort de la faiblesse relative de ses locomotives destinées aux transports à petite vitesse. Tandis que la France et les États du continent montrent, en majorité, les machines où le maximun d'adhérence est recherché à l'aide de combinaisons diverses, l'Angleterre maintient l'usage exclusif de ses appareils légers et rapides, que le continent n'emploie qu'au service des voyageurs.

Le tarif différentiel est l'expression des conditions mêmes dans lesquelles les transports s'effectuent. Le prix de revient du transport s'abaisse dans une certaine proportion avec la distance parcourue. Il s'abaisse encore si les masses à trans-

Digitized by Google

porter sont très-considérables, si les transports peuvent être réguliers, si un double courant en sens contraire se produit entre les points extrêmes et d'arrivée. Le public doit recueillir tous les avantages dont un procédé de transport est susceptible ; il a donc droit aux tarifs différentiels en tant qu'ils sont l'expression des graduations du prix de revient des transports. Le résultat final des tarifs différentiels est d'abaisser et de niveler le prix des choses sur tous les points du territoire desservis par les chemins de fer, en atténuant les effets de la distance.

Les tarifs différentiels ont d'abord réduit les prix par la classification des transports. La houille, agent de la production, a été favorisée ; le blé, ensuite : c'était le premier pas. La seconde réduction, prise dans l'essence même des conditions de transport, a eu pour résultat de mettre l'intérieur en communication avec les ports du littoral, et réciproquement, dans les plus favorables conditions d'économie. Ce fut pour la lutte sur les marchés étrangers un grand bien. Il abrégeait la distance des foyers de l'industrie aux ports d'expédition et d'arrivages. Jusqu'en 1862, cependant, il a fallu défendre le principe des tarifs différentiels contre les fausses interprétations dont il était l'objet : aujourd'hui, son action salutaire est incontestée. L'application en devient de plus en plus générale, et sa fécondité s'étend, à mesure que les réseaux de voie ferrée des divers États s'unissent entre eux.

Tous les jours de nouveaux abaissements de tarifs se produisent pour les parcours internationaux, sur les matières de basse valeur, qui sont l'aliment nécessaire à l'industrie. Les tarifs différentiels appliqués aux plus grandes distances, permettent d'apporter de l'étranger le minerai sur la houillère, et la houille, sur les gîtes de minerais : ils fécondent ainsi les richesses naturelles qui, isolées, ne peuvent éclore.

Enfin, les chemins de fer internationaux éteignent ou du moins diminuent les crises sur les céréales, les graines fourragères ; ils distribuent les richesses minérales de manière

Digitized by Google

à alimenter le travail des populations qui, sans eux, seraient obligées de se déplacer.

Les avantages sont encore minimes. A peine deux ou trois ans se sont écoulés depuis que les chemins de fer du continent se rejoignent, que les villes de Saint-Pétersbourg, Moscou, Lisbonne, Naples, Berlin, Vienne, sont reliées entre elles et avec tous les grands ports de l'Océan. Les relations qu'un tel état de choses doit produire sont à peine soupçonnées. L'Exposition prochaine en montrera les fruits.

Un coup d'œil jeté sur l'exploitation des voies de communication dans les pays les plus actifs fera mieux ressortir ces résultats généraux.

Il est deux sortes de faits connexes avec l'Exposition Universelle : ce sont les abaissements progressifs des tarifs de transport sur diverses voies et particulièrement sur les chemins de fer, et le mouvement général de transport à l'intérieur et à l'extérieur, qui résulte de la viabilité plus ou moins avancée des divers pays du globe représentés à l'Exposition. Malheureusement les documents statistiques ne permettent, à cet égard, que des approximations.

§ 2. — France.

Transports sur les voies de terre. Chemins de fer à petite voie. — Le prix des transports sur les routes ordinaires, s'est élevé ; il est aujourd'hui de 0 fr. 30 c. par kilomètre, Sur les chemins vicinaux il s'élève souvent bien au delà, surtout pour les grandes usines, à cause de l'indemnité mise à leur charge pour la réparation des chemins. Le préjudice causé par un prix aussi élevé des transports sur les routes de terre donne un vif intérêt à l'établissement des lignes ferrées, dont l'Exposition offre pour la première fois les plus intéressants spécimens. Tels sont les chemins de fer, à voies de 0^{m} 80, 1 mètre et $1^{m}20$, des charbonnages, des gîtes et usines métallurgiques et des fabriques de sucre de betteraves. Ces chemins

Digitized by Google

sont desservis par des locomotives, dont trois remarquables types sont exposés. La machine à voie de 0m 80, du poids de 6,600 kilogrammes, construite par le Creusot; la machine à voie de 1 mètre, du poids de 19 tonnes 6, construite par la société Boigues, Rambourg et Cie, et, pour les très-fortes inclinaisons, la machine Fell, à voie de 1 mètre, avec rail central, de 21 tonnes 5, construite par M. Gouin. On sait que l'effort continu que peut exercer un fort cheval est de 50 kilogrammes, à la vitesse de 1 mètre par seconde pendant 8 heures; or, l'effort continu que ces trois machines peuvent effectuer régulièrement correspond à 22.65 et 109 chevaux, à la vitesse de 5 mètres par seconde. Ces chiffres seuls suffisent pour donner la mesure de l'économie qui résulte de la substitution des machines au chevaux sur les chemins de fer, lorsque le trafic suffit à les alimenter. Les deux premiers types ont accompli pendant plusieurs années des transports considérables, et le prix de revient de la traction d'un train n'y dépasse pas 0 fr. 35 à 0 fr. 55 par kilomètre, pour la charge correspondante à leur adhérence et aux déclivités du chemin. Les autres sources de dépenses élèvent le prix de revient du transport par tonne et par kilomètre à 4 ou 5 centimes au plus, intérêt du capital non compris. C'est donc un tarif de 8 à 10 centimes par tonne et par kilomètre qui se substituera au coût actuel de 0 fr. 30, partout où ces chemins à petite voie, desservis par des machines, remplaceront les chemins vicinaux. La vitesse y sera de 15 à 20 kilomètres par heure au lieu de 4 kilomètres.

La dépense d'établissement de ces chemins varie de 20,000 à 30,000 francs par kilomètre. Celui des chemins de terre varie de 4,000 à 10,000 francs, mais leur entretien est très-coûteux, et ils cessent souvent d'être viables dans la saison humide; c'est pour cela que leur faculté de transport est très-faible, comparativement aux chemins à locomotives.

Au taux de 20,000 francs par kilomètre, il suffit d'un transport de 20,000 tonnes par an et par kilomètre (55 tonnes par jour) pour couvrir largement l'intérêt du capital. Que de foyers

Digitized by Google

d'industrie et de production agricole, isolés des chemins de fer et des voies navigables ont intérêt à se relier au réseau général par un moyen si peu coûteux !

Nous citerons quelques exemples :

Le premier de ces chemins a été celui de Festiniog, en Angleterre (Caërnavon); sa voie est de 0m61 ; il a 21 kilomètres de longueur et des inclinaisons de 0,0167, des courbes de 40 mètres de rayon. Ses locomotives pèsent 7,500 kilogrammes et remorquent 50 tonnes, à la vitesse de 16 kilomètres Il transporte des voyageurs et des marchandises. De 1862 à 1863, il fut desservi par des chevaux. L'emploi des locomotives réduisit les frais d'exploitation de 22 pour 100.

En Prusse, le chemin de Broelthal, à voie de 0m816, à 19 kilomètres 7 de longueur. Il occupe une partie de la route. Ses courbes ont 37m70 de rayon. Ses machines sont à 6 roues et pèsent 12 tonnes, le rail pèse 10 kilogrammes 13.

Le chemin de fer de Commentry à Montluçon, à voie de 1 mètre, servi par des locomotives, a un mouvement annuel de 400,000 tonnes. Une de ses machines était exposée.

Le chemin de fer d'Anvers à Gand, à voie de 1m15, fait 16 trains par jour à la vitesse de 40 à 60 kilomètres et une recette de 18,600 francs par kilomètre. Il a transporté 486,874 voyageurs (1865).

Les chemins de Norwége, à 1m06 de voie, entrent dans le réseau principal de ce pays.

Le chemin de Mondalazac, à voie de 1m10, établi par la Compagnie d'Orléans, pour le transport des minerais, a des machines de 9 tonnes et des rails Vignole de 16 kilogrammes 5; ses courbes sont de 40 mètres de rayon.

Le chemin de fer qui passe sur le col du Mont-Cenis a 1m10 de voie. La disposition à rail central de cette voie, dont l'invention est, en France, due à M. le baron Séguier, a pris rang dans les moyens de locomotion pour la traversée des montagnes par des déclivités dépassant 45 millimètres par mètre.

Digitized by Google

Elle est encore à l'état expérimental, mais dans des conditions qui semblent en assurer le succès.

C'est donc un des progrès saillants constatés par l'Exposition que l'établissement des chemins de fer à petite voie, avec la substitution des machines locomotives aux chevaux sur ces chemins: et il y a lieu d'espérer que, mis, par leur faible coût de construction, à la portée des ressources financières des particuliers, des communes et des départements, ces chemins se substitueront aux voies de terre sur les points où les transports ont un certain degré d'activité.

Il est difficile d'estimer l'importance des transports sur les chemins vicinaux et sur les routes; on sait seulement que la circulation des matières sur les chemins de fer est, en France, de 5,837 millions de tonnes à un kilomètre (1865). Les appréciations les plus diverses peuvent être faites sur la corrélation entre cette circulation et celle qui s'accomplit sur les routes de terre. Elle peut être de beaucoup supérieure, mais, dans tous les cas, l'économie des deux tiers du coût actuel de transport qui, dans beaucoup de cas, serait obtenue, montre suffisamment la grandeur de l'intérêt qui s'attache aux développements des chemins de fer de cette espèce.

Les chemins à voie réduite embranchés sur les chemins à grande voie exigent le transbordement de leur chargement. Il en est de même, sur une très-grande échelle, aujourd'hui, des lignes qui ne peuvent se priver, même momentanément, de leur matériel roulant. Le transbordement de wagon à wagon coûte, au maximum, 20 centimes par tonne, ce qui équivaut à un parcours supplémentaire de 4 kilomètres. C'est une constante à mettre en balance de l'économie que présente l'établissement des chemins de fer à voie réduite.

Transport dans les villes. Voitures-omnibus. — Dans cet aperçu général des grandes entreprises de viabilité, le transport en commun dans les villes doit avoir sa place. Il est devenu un service public important, et son organisation, réglée

Digitized by Google

entre les administrations municipales et l'industrie privée mérite d'être connue.

Il est facile de trouver les éléments de cette organisation dans les documents publiés par la Compagnie des Omnibus de Paris. Ils renferment les données statistiques les plus complètes, que nous résumerons ici, en prenant l'année 1866 pour base.

L'administration municipale a concédé à la Compagnie des Omnibus de Paris le droit exclusif de transporter les voyageurs en commun dans ses voitures. Elle lui assigne les lignes de circulation et le nombre des voitures qu'elle peut y mettre. Elle autorise un tarif de 30 centimes pour l'intérieur, et 15 c. à l'extérieur. Le public jouit, en outre, de la faculté de *correspondance*, qui consiste à passer d'une ligne sur une autre, sans augmentation du prix de 30 centimes. La Ville reçoit de la Compagnie une redevance annuelle, représentant le droit de stationnement (1). Le cahier des charges oblige la Compagnie à établir ses écuries dans l'enceinte de Paris, ce qui soumet aux droits d'octroi la nourriture des chevaux et relève considérablement le prix d'acquisition des terrains, ainsi que des constructions nécessaires pour les écuries et les magasins.

En 1866, la Compagnie a transporté 107,212,074 voyageurs, ou soixante fois la population de Paris, savoir : 64 millions à l'intérieur des voitures, et 43 millions sur l'impériale à l'extérieur; 89,880,857 voyageurs seulement ont payé le tarif entier; 17,331,217 ont profité des correspondances. La recette moyenne, par voyageur, est ainsi réduite de 0 fr. 25 c. 75 à 0 fr. 18 c. 55, et le produit moyen par kilomètre et par voyageur a été de 0 fr. 03 c. 48, c'est-à-dire inférieur de 25 pour 100 au tarif de la 3e classe des chemins de fer.

La recette moyenne, par kilomètre parcouru par une voiture, est de 0 fr. 90 centimes.

Pour effectuer ces transports, la Compagnie a mis chaque

(1) Cette redevance se calcule ainsi : 1 million pour les 500 premières voitures, et pour chacune des voitures excédant ce nombre, 1,000 francs jusqu'en 1870, 1,500 francs de 1870 à 1885, 2,000 francs de 1885 à 1910, terme d'expiration de la concession.

Digitized by Google

jour en circulation 664 voitures, parcourant chacune 91 kilomètres 538 mètres. Le parcours annuel a été de 21,971,028 kilomètres. Chaque voiture a employé 11.89 chevaux valides, dont le parcours moyen a été par jour de 16,276 mètres. Si l'on tient compte des chevaux envoyés dans les fermes pour se remettre de la fatigue ou des maladies, le nombre moyen par voiture s'est élevé à 12.23. L'effort de traction varie, suivant l'état de l'atmosphère, entre 24 et 46 kilogrammes par 1,000 kilogrammes de poids traîné. La voiture complétement chargée pèse 3,385 kilogrammes, et demi-pleine 2,895; de telle sorte que le travail utile journalier du cheval varie entre 800,000 kilogrammètres, et 1,050,000 kilogrammètres sur niveau. Il s'accroît considérablement sur les rampes.

La vitesse en marche est de 9 à 10 kilomètres, et le travail par seconde dépasse, dans les mauvais jours, sur le macadam détrempé ou rechargé, 75 kilogrammètres.

De là, la nécessité de cinq relais au moins par jour et par voiture. Aucun effort semblable n'avait été demandé aux chevaux, avant l'établissement des omnibus. Dans le service des malles-poste, un cheval traînait l'été, 500 kilogrammes, et l'hiver 350. Dans le service des messageries, le cheval traînait 800 kilogrammes l'été, et 650 l'hiver. Les chevaux d'omnibus traînent chacun de 1,200 à 1,700 kilogrammes. Cependant leur force et leur santé se maintiennent au moyen de soins intelligents. La nourriture, dont la moitié en poids est en avoine, varie du trente-cinquième au trente-huitième du poids de l'animal, qui pèse de 475 à 600 kilogrammes.

L'effectif de la Compagnie pour le service des omnibus a été, en 1866, de 8,000 chevaux. En 1867, ce chiffre a été de 9,000, à cause de l'extension qui a été donnée au service pendant l'Exposition Universelle (1), et, en y ajoutant les services

(1) La Compagnie des Omnibus a créé des lignes spéciales et détourné plusieurs de ses lignes anciennes sur le Champ-de-Mars, pour le service de l'Exposition. Elle a augmenté de 100 environ le nombre de ses voitures; elle a mis à la disposition du public, d'avril à novembre, sur les lignes de l'Exposition, 8,000 places par jour (aller et retour compris).

Digitized by Google

accessoires de banlieue et de la voie ferrée, l'effectif a atteint 10,000 chevaux. Les chevaux sont répartis dans 31 dépôts, ayant en superficie 256,890 mètres carrés, dont 82,890 mètres sont couverts de constructions servant d'écuries, de greniers pouvant contenir 170,000 quintaux, c'est l'approvisionnement d'avoine de huit mois, 400,000 bottes de paille, consommation de 48 jours, et 900,000 bottes, ou quatre mois et demi de foin.

Pour 664 voitures en service journalier, la Compagnie a dû en entretenir 1,027. Les dépenses d'entretien et de renouvellement de ce matériel sont de 1,500,000 francs par an.

Le personnel d'exploitation et d'entretien est de 4,506 individus.

L'ensemble des moyens d'exploitation se résume dans les chiffres suivants (1866):

Établissements immobiliers, écuries, greniers	19,367,000	francs.
Chevaux	7,700,000	—
Fourrage en approvisionnement	1,760,000	—
Matériel roulant (voitures, harnais)	4,120,000	—
Ateliers, outillage, rechanges, mobilier industriel	3,599,000	—
Voie ferrée et son matériel d'exploitation	2,144,000	—
Divers fonds de roulement	2,310,000	—
Total	41,000,000	francs.

D'après ces chiffres, l'addition d'une voiture sur une ligne ancienne ou nouvelle exige un capital de 56,810 francs. La création d'une ligne de 20 voitures emploierait donc un premier capital de 1,100,000 francs.

La recette en 1866 a été de	22,156,000	francs.
La dépense de	20,470,000	—
Le produit net	1,686,000	francs.

Ces chiffres, traduits en journée de voiture, donnent pour la recette	83f 82c
Pour la dépense	78
Pour le produit net	5f 82c

Digitized by Google

La dépense par voiture se décompose comme suit :

Dépense du personnel	12f 74.48
Entretien et renouvellement du matériel	6 55.98
Chevaux	47 59.57
Administration, contributions et assurances	5 02.50
Rétribution à la ville	6 07.46
Total	77f 99.99

Cette faible proportion du produit net dans la recette est le trait caractéristique de l'entreprise. On n'en trouve d'exemple nulle part. Un énorme capital est ici engagé, d'un côté, sur une convention administrative, de l'autre sur une direction aussi sévère qu'attentive.

Il y a ceci de très-remarquable dans les voitures omnibus, fussent-elles au complet toute la journée et d'un bout à l'autre des lignes, l'entreprise serait en perte. C'est le renouvellement seul des voyageurs dans la même voiture, et même une fraction de ce renouvellement qui constitue son bénéfice. En effet, la contenance d'un omnibus était en 1866 de 26 places, et le nombre moyen de voyageurs par course a été de 31. Le rapport 26-31 est le même que celui des voyageurs payants au nombre total ; le complet de 26 places se traduit donc en 22 voyageurs payants, et 4 voyageurs de correspondance, de sorte que, pour une course de 6 kilomètres 5, le complet donne un produit de 77 centimes par kilomètre, tandis que, par le renouvellement, le produit est de 90c 8.

Il résulte du tracé des lignes desservies par les omnibus que les unes, celles qui traversent des quartiers peu peuplés, sont en perte, d'autres couvrent leurs frais, d'autres enfin font des bénéfices. Nous avons indiqué les chiffres moyens.

La Ville de Paris cherche à étendre les services d'omnibus, de manière à mettre tous les quartiers de Paris en communication. Elle ne pourrait obtenir ce résultat de l'industrie privée livrée à la concurrence. Celle-ci se porterait naturellement sur les lignes fructueuses, les autres seraient abandonnées. En

Digitized by Google

outre, la correspondance entre les diverses lignes ne serait plus possible, et c'est par elle cependant que s'accroît journellement la distance à laquelle le voyageur est transporté.

On a vu que le produit net de cette grande exploitation est le treizième environ des recettes brutes.

C'est donc dans ces limites restreintes que s'exerce une des industries de transport les plus intéressantes par l'importance de ses résultats. L'organisation en est rigoureuse d'économie et d'activité. Elle répond au besoin essentiel de la circulation dans les grandes villes, et elle y répond de la manière la plus satisfaisante.

Transports sur les voies navigables. — Les transports effectués sur les 9,525 kilomètres de voies navigables, relevés des états des contributions indirectes, s'élèvent à 1,774,784,703 tonnes de marchandises (1864) à un kilomètre.

	Tonnes kil.
Les rivières entrent dans cet ensemble pour...	753.208.114
Les canaux pour..........................	1.021.576.589

Ce même trafic était en 1849 :

	Tonnes kil.
Sur les rivières, de........................	722.372.223
Sur les canaux, de........................	226.590.111

Mais la comparaison ainsi présentée est insuffisante. Dix rivières parallèles à un chemin de fer, la Seine, le Rhône, la Loire, l'Oise, la Marne, la Garonne, la Meuse, la Moselle, la Charente et l'Adour entrent dans ce trafic (1864) pour 552 millions de tonnes. En 1849, ce même trafic était de 498 millions de tonnes; or, cette identité, en apparence si fâcheuse à quinze ans de distance, n'existe pas.

Le trafic s'est augmenté sur la Seine dans la proportion de

Digitized by Google

170 millions à 303 millions; sur l'Oise, de 8 à 50 millions, et sur la Marne, de 20 à 34 millions.

Il a au contraire diminué sur le Rhône dans la proportion de 102 à 78 millions; sur la Garonne de 39 à 19 millions; sur la Loire de 100 à 53 millions; sur la Meuse de 12 à 7 millions; sur la Moselle de 4,650,839 tonnes kilométriques à 440,218; sur l'Adour de 6 à 4 millions.

Ces lignes navigables sont toutes en concurrence avec un chemin de fer, et il est facile de reconnaître que leur gain ou leur perte en trafic est en raison de leurs bonnes ou mauvaises conditions de navigation.

Le trafic sur les canaux était, en 1849, de 226,590,000 tonnes à un kilomètre. Il a été, en 1864, de 1,021,576,000 tonnes; il a donc quintuplé en quinze ans.

Le canal des Ardennes a vu son trafic s'accroître, de 1849 à 1864, de 6,547,954 tonnes à 9,663,192 tonnes kilométriques; le canal du Berry de 30 à 78 millions; le canal du Blavet de 493,907 à 1,272,087 tonnes; le canal du Centre de 16 à 40 millions; le canal de Manicamp de 3 à 9 millions; le canal de Nantes à Brest de 4 à 22 millions; celui d'Ile-et-Rance de 2,5 à 5,3 millions; le canal latéral de la Loire de 24 à 59 millions; le canal du Nivernais de 4,4 à 13 millions; les autres sont restés stationnaires.

Cette augmentation de trafic s'est accomplie régulièrement, malgré la concurrence des chemins de fer.

Cependant ces développements sont d'une lenteur extrême si on les compare à celui des chemins de fer, et cela s'explique : ils n'ont été obtenus que par l'amélioration des canaux, par l'abaissement des frais de halage qui en est résulté, et puis par la suppression des droits de navigation. A partir du moment où ces deux résultats se sont produits, le fret s'est fixé, et il ne subit plus que des abaissements insensibles. Alors les désavantages des canaux sont par les causes suivantes devenus plus apparents. On le comprendra : 1° leur lenteur : sur les voies navigables les

Digitized by Google

transports s'effectuent à des distances plus grandes que sur les chemins de fer; 2° les frais directs de transport, sur les canaux les mieux organisés, ne sont pas moindres de 2 centimes par kilomètre; 3° les frais qu'exige la marchandise arrivant par bateaux sur le lieu de consommation sont considérables : c'est à ce point qu'une différence de 2 fr. 65 par tonne de houille ne suffit pas à la plupart des industriels de Paris, pour leur faire préférer la ligne navigable aux chemins de fer. Cependant cette différence correspond à près d'un centime par kilomètre sur la distance totale. On préfère recevoir sa consommation au jour le jour. Ces trois causes expliquent pourquoi les tarifs de 3.5 à 4 centimes appliqués par les chemins de fer restreignent le transport par les voies navigables des matières qui, insensibles à la lenteur du trajet, sembleraient devoir être l'aliment exclusif de celles-ci.

Sous l'influence de ces tarifs des chemins de fer, les droits de navigation ont été réduits : ils ne représentent plus que la moitié des frais d'entretien des canaux, et on demande leur suppression complète. Ce sera un allégement d'environ 5 millions de francs à répartir sur un milliard de tonnes à un kilomètre, dont le transport, à 4 centimes par tonne, représente 40 millions de francs. Mais, quelque sensible qu'il soit, cet avantage, qui place les voies navigables dans la condition privilégiée de gratuité d'usage et d'entretien des routes de terre, n'aura jamais des conséquences égales à celles des améliorations qui ont pour conséquence un accroissement de chargement des bateaux et la régularité de marche.

Il faut donc aujourd'hui que le transport par eau s'abaisse dans des proportions considérables, si on veut tirer parti des voies navigables. Il faut que cet instrument de transport soit profondément modifié dans ses conditions soit de construction, soit d'exploitation.

Les dispositions de l'Administration sont depuis longtemps connues, en ce qui concerne l'établissement des voies navigables et l'influence de leur construction première sur la dimen-

Digitized by Google

sion des embarcations, qui est le principal élément du prix de revient du transport.

Sur la Seine, entre Paris et Rouen, l'Administration veut obtenir un tirant d'eau normal de 2 mètres. Cette profondeur, jointe aux très-grandes dimensions des écluses accolées aux barrages de la rivière, y permet toutes les applications connues des moteurs mécaniques : des porteurs à vapeur, des remorqueurs, le touage à vapeur s'y sont établis. Rien ne s'oppose donc ici à l'ampleur et à l'économie des moyens d'exploitation. Mais il n'en est pas de même des canaux. Sur la ligne de navigation de la frontière de Belgique à Paris, la dimension des écluses varie, pour la largeur, entre $7^{m}60$ et $5^{m}20$; leur longueur varie entre 38 et 40 mètres. La moindre dimension fait la règle pour celles des bateaux. De là cette conséquence qu'un bateau ne peut porter plus de 250 tonnes. Ce faible chargement est l'obstacle contre lequel sont venues échouer toutes les tentatives d'application des moteurs mécaniques. Le halage par chevaux est encore le moyen le plus économique de traction; et il n'est pas probable qu'un changement radical puisse se produire dans le prix du transport, autrement que par l'accroissement des dimensions des ouvrages d'art.

Cette ligne de navigation du Nord porte près de 3 millions de tonnes de houille, et la houille est, à Paris, comme consommation de ménage et d'industrie, la matière dont le bas prix a le plus d'intérêt après celui du blé. Ne mériterait-elle pas une transformation complète, basée sur l'emploi des bateaux analogues aux *besognes* qui naviguaient autrefois entre Rouen et Paris?

Sur toutes les autres lignes de navigation française l'Administration exprime l'espoir d'atteindre prochainement un tirant d'eau normal de $1^{m}60$; mais la variété des écluses apporte ici encore, à l'économie de transport, un obstacle insurmontable autrement que par l'accroissement des ouvrages d'art. Sur le canal de Bourgogne, les bateaux ne peuvent excéder $5^{m}17$ sur $29^{m}70$; sur le canal du Centre, $5^{m}15$ sur 27 mètres; sur

Digitized by Google

le canal de la Marne au Rhin, 5 mètres sur 38m10; sur le canal de Briare, 5m20 sur 32m50; sur le canal du Midi, 5m80 sur 37 mètres; enfin, sur le canal du Berry, 2m70 sur 27m75. Ce sont là les dimensions des écluses.

Dans de pareilles conditions les chargements varient, suivant les canaux, entre 60 et 150 tonnes. Les transports à grande distance ne peuvent s'accomplir qu'à la condition de réduire les dimensions des bateaux à celles du plus petit ouvrage d'art à franchir. Il y a donc là une œuvre considérable à accomplir, du genre de celle qui a été effectuée sur le canal de Briare, dont les écluses ont été portées de 4m60 de largeur qu'elles avaient primitivement à 5m20 et de 27 mètres de longueur à 32m50. Et cependant, une aussi grande amélioration fût-elle réalisée, que le problème de l'application des moteurs mécaniques à la traction sur les canaux, sans laquelle toute solution économique sera incomplète, serait encore à trouver.

L'intervalle entre les dernières Expositions a vu naître l'entreprise de voie navigable la plus gigantesque entre toutes, le percement de l'isthme de Suez. La France tient le premier rang dans la pensée et dans l'exécution de ce grand ouvrage. Le fondateur a su l'attacher intimement au succès de son œuvre, par les intérêts de la civilisation; il a su de plus faire surgir de ses ingénieurs et de ses ateliers les larges dispositions mécaniques qui, dès aujourd'hui, permettent d'envisager le résultat définitif comme prochain.

Les terrassements exigeaient l'extraction de	74,000,000m
Aujourd'hui (novembre 1867) la quantité enlevée est de..............................	31,200,000
Chaque mois suffit à l'enlèvement de......	1,330,000
Et les premiers mois de l'année 1868 verront l'extraction portée mensuellement, par l'emploi d'appareils nouveaux, à..................	2,230,000

Les jetées de Port-Saïd sont à 06,0 d'avancement.

Digitized by Google

En présence du but important à atteindre, les grandes applications de l'art de l'ingénieur ont pris un essor digne de l'entreprise. Elles sont à sa hauteur.

L'Angleterre commence à comprendre que les politiques envieuses et égoïstes n'ont d'autre résultat que de faire descendre la nation qui les emploie du rang que la civilisation lui assigne en raison seulement des services qu'elle rend à l'humanité. Elle s'apprête à profiter de l'œuvre française. Elle presse l'achèvement du grand réseau des chemins de fer indiens, réseau, il faut le dire, largement et merveilleusement improvisé par elle. Elle multiplie ses communications avec l'Inde par de larges concessions aux entreprises de navigation à vapeur chargées des services postaux. Elle prépare, au moyen de grands navires à vapeur, qui pourront franchir le canal égyptien, le renouvellement annuel et régulier de son armée indienne. Elle espère éviter ainsi de payer au climat meurtrier de sa riche possession l'effroyable sacrifice annuel de 5,000 soldats européens. L'Angleterre sait le prix de l'initiative. Elle en a eu la mesure dans le succès avec lequel elle a tiré du territoire indien, par sa seule et puissante impulsion, une énorme production de coton, qui a rendu la première de ses industries indépendante de l'Amérique du Nord. Dans deux ans, peut-être, le prix de la houille aura diminué de moitié dans la mer des Indes (37 fr. 50 au lieu de 75 francs la tonne). Au moment ou l'hélice et la voile réunies ont pris possession de toutes les mers pour le transport des marchandises, l'avenir de la voie navigable à travers l'isthme égyptien devient de plus en plus saillant. C'est désormais la seule route de l'Orient.

Depuis la dernière Exposition et comme conséquence de la certitude qu'offre le succès du percement de l'isthme de Suez, l'attention et l'étude se sont portées sur les moyens de joindre les deux océans Atlantique et Pacifique par une coupure de l'isthme de Panama. Mais entre la hauteur du seuil d'El-Guirsh et celle du col affaissé de la Cordillère, la différence est de 1 à 11 et

Digitized by Google

la difficulté est en proportion. Le climat aussi est plus meurtrier, les populations ouvrières plus éloignées, l'intallation des travailleurs plus dispendieuse; la différence des marées plus forte; les ports aussi sont à créer. Cependant l'attention est incessamment portée sur ce grave sujet. Peut-être l'Europe fera-t-elle un grand effort; son intérêt ne peut faire l'objet d'un doute. Pour franchir l'isthme de Suez, il aura suffi d'un homme; pour franchir l'isthme de Panama, il faudra l'initiative d'un grand État et l'union de tous.

Quant aux rivières, la décroissance considérable du trafic qui s'y manifeste depuis quinze ans, comparée à l'accroissement quintuple du trafic sur les canaux, pendant la même période, prouve assez que leur état, au point de vue de la navigabilité, doit être un des sujets les plus sérieux des préoccupations des ingénieurs.

Transports sur les chemins de fer. — L'Exposé de la situation de l'Empire résume dans les termes suivants les résultats généraux de l'exploitation des chemins de fer français :

« En 1866, la longueur moyenne des chemins de fer exploités a été de 13,951 kilomètres; le nombre total des voyageurs s'est élevé à 89,359,162; leur parcours moyen à 24k4, soit 3 milliards 430 millions de voyageurs, transportés à 1 kilomètre.

« En ce qui concerne les marchandises de petite vitesse, le nombre de tonnes transportées à toute distance a été de 37,269,817, et le parcours moyen de 156 kil. 6; ce qui équivaut à 5 milliards 837 millions de tonnes ramenées au parcours de 1 kilomètre.

« Les recettes brutes se sont élevées, pour les voyageurs, non compris l'impôt du dixième, à 188,849,486 francs; pour les marchandises de petite vitesse, à 349,183,348 francs, et pour les produits divers, soit de la grande, soit de la petite vitesse, à 83,168,204 francs. Ces chiffres représentent une

recette brute totale de 621,201,038 francs ou 15,244 francs par kilomètre.

« Enfin, le tarif moyen kilométrique ressort, pour les voyageurs, à 5 cent. 5 par tête, et, pour les marchandises de petite vitesse, à 5 cent. 98 par tonne.

« Ainsi le tarif moyen des voyageurs de toutes classes, par kilomètre, représente exactement le prix légal de la troisième classe.

« Quant au tarif moyen des marchandises, il n'a pas cessé de décroître. Ce tarif ressortait, en 1865, à 6 cent. 08; il n'est plus, en 1866, que de 5 cent. 98. C'est donc une réduction de 0 cent. 10 qui, appliquée à 5,837 millions de tonnes transportées à 1 kilomètre, représente une économie de 5,837,000 francs, réalisée par l'industrie et le commerce. »

Quelques rapprochements feront mieux comprendre la part prise par les chemins de fer dans les transports et les services qu'ils rendent à la consommation et à l'industrie.

Une tonne de marchandises parcourt 156k5 et coûte 9 fr. 36 de transport. En prenant pour base ce fait qu'un cheval traîne sur une route ordinaire un poids de 1,250 kilogrammes, véhicule compris, dont 750 kilogrammes de poids utile; qu'il parcourt dans sa journée 32 kilomètres; qu'il coûte, véhicule, harnais et conducteur compris, 7 francs par jour, cela représentera, pour le transport d'une tonne à 156k5, une dépense de 45 fr. 65. C'est près de cinq fois le prix du transport par chemin de fer.

Le prix de la tonne de houille est de 12 à 15 francs sur la mine. Le transport à 156 kilomètres coûte 5 francs par les chemins de fer. C'est neuf fois moins que la route ordinaire; celle-ci quadruplerait le prix d'achat. Le blé coûte 225 à 380 francs la tonne. Le transport par la route ordinaire augmenterait son prix de 20 pour 100, pendant les années d'abondance, de 12 pour 100 dans les années comme celle où nous sommes. Le chemin de fer ne l'accroît que de 4 pour 100 pendant l'abondance, et de 2.5 pour 100 pendant la rareté.

Digitized by Google

Ces chiffres expliquent le développement industriel et commercial que les chemins de fer ont provoqué partout où ils ont été établis, mais ils disent aussi la nécessité pour le pays de favoriser un moyen de transport qui a de telles conséquences.

L'influence sur le trafic des améliorations que le matériel des chemins de fer a reçues dans ces dernières années se révèle par des faits significatifs. Nous signalerons le plus saillant : celui de la part que prennent les chemins de fer dans le transport des matières premières de faible valeur.

Le chemin de fer du Nord partage avec les voies navigables le transport de la houïlle. Le tarif est, pour les grandes distances, depuis 1863, de 0 fr. 32 par tonne. Il est de 0 fr. 06 pour les plus faibles.

Sous l'influence de ce tarif différentiel, la circulation s'est accrue en trois ans de 33 pour 100, et le tarif moyen, qui était de 0 fr 0393 en 1863, s'est abaissé, en 1866, à 0 fr. 0362, ce qui indique que les transports à grandes distances continuent à prévaloir.

Le trafic entier du chemin de fer du Nord, en marchandises, est de 6,906,134 tonnes transportées, donnant lieu à un mouvement de 805,872,339 tonnes à un kilomètre. La houille entre dans ce trafic pour 3,331,239 tonnes transportées, et pour un mouvement de 392,817,640 tonnes à un kilomètre. C'est la moitié. Quant à la recette sur les marchandises, la houille n'en constitue que les 14/34.

L'importance du trafic des matières de faible valeur apparaît sur tous les autres chemins de fer français, et c'est ce fait qui explique l'intérêt qui s'attache dans l'Exposition aux machines de grande puissance.

Ce caractère particulier des services rendus par les chemins de fer peut être encore apprécié par l'analyse des recettes du réseau des chemins de fer de l'Est, sur les transports de marchandises, montant, en 1866, à 62,390,000 francs

Digitized by Google

Produits du sol.	Végétaux et animaux .	19,200,000f	44,200,000f
	Minerais et métaux...	14,237,000	
	Combustible minéral..	10,965,000	
Produits fabriqués			10,887,000
Produits exotiques			3,118,000
Produits divers non classés			3,48[illegible],000
Total			62,390,000f

Le sol produit donc 73 pour 100 des recettes, et le trafic le plus précieux est celui qui résulte de l'exploitation agricole et industrielle des richesses du territoire. Aussi le tarif moyen est-il de 0 fr. 5739 seulement par tonne et par kilomètre. Là est la clef de l'énorme développement que les chemins de fer ont donné au travail.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est avait un rôle tout spécial à prendre, pour mettre les gîtes minéralogiques riches et heureusement répandus sur son réseau en communication avec les bassins houillers qui l'entourent. De ses combinaisons de tarifs pouvait dépendre la résurrection de l'industrie du fer sur un territoire où le combustible végétal était devenu d'un prix trop élevé pour rester la base de la fabrication. On lui doit de l'avoir compris et d'avoir attiré la houille et le coke vers le centre du territoire desservi par elle, tout en aidant à renvoyer le minerai à la circonférence. Des centres métallurgiques placés dans des conditions de production analogues à celles de l'Angleterre ont pu s'élever sur la Sarre et sur la Moselle, et chaque jour les bassins de la Marne et de la Meuse tendent à sortir de la situation difficile où les mettait la distance qui les sépare des gîtes houillers.

Le même fait se présente sur le réseau de l'Ouest sous une forme différente. Le trafic y est de 3,190,296 tonnes de marchandises transportées, donnant lieu à un mouvement de 452 millions de tonnes, à un kilomètre. Ce trafic consiste en :

Produits du sol.	Végétaux et animaux..	1,387,648t	2,566,718t
	Minerais et métaux....	680,085	
	Combustible minéral...	498,905	

Digitized by Google

Produits fabriqués	269,527t
Produits exotiques	204,048
Divers, non classés	129,943
Total	3,170,296t

Sur le chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, l'importance du transport des matières minérales ramène le tarif moyen au même taux que sur le chemin de fer de l'Est, à 0 fr. 0574.

Les trois réseaux qui desservent nos plus forts charbonnages, ceux du Nord, de l'Est et de Lyon, ont ainsi un tarif moyen de 0 fr. 053, 0 fr. 05739 et 0 fr. 05744.

Les deux réseaux qui desservent des bassins houillers moins importants, ceux d'Orléans et du Midi et le réseau qui est privé de bassin houiller, celui de l'Ouest, ont un tarif moyen de 0 fr. 0655, 0 fr. 0673 et 0 fr. 0631.

Reste à dire un mot des abaissements de tarifs qui se sont produits depuis 1855. La comparaison suivante suffira :

RÉSEAUX.	PRIX MOYEN de transport d'une tonne à un kilomètre.	
	1855	1866
Nord	6c 53	5c 30
Lyon	6 93	5 739
Est	7 20	5 744
Ouest	7 94	6 31
Orléans	7 74	6 55
Midi	7 30	6 73

§ 3. — Grande-Bretagne.

Les 21,370 kilomètres de chemins de fer exploités produisent (1865) :

Une recette de	905,000,000 francs.
La dépense d'exploitation est de	435,000,000 —
Le revenu net est de	470,000,000 francs.

équivalant à 4,25 pour 100 d'intérêt du capital.

Digitized by Google

Le produit kilométrique (1865) est de 42,350 francs, inférieur, par conséquent, à celui des chemins de fer français, qui est de 45,244 francs.

Les chemins de fer ont transporté 251,960,000 voyageurs, soit 11,800 par kilomètre. La troisième classe entre dans ce chiffre pour 151,416,000 voyageurs. Les chemins de fer français ont transporté 6,400 voyageurs par kilomètre.

	Par kilomètre.
En Angleterre, les tarifs moyens sont pour l'express 1re classe	0f 17
Pour l'express 2e classe	0 12
Trains ordinaires, 1re classe	0 13
— 2e —	0 093
— 3e —	0 0372

Il y a loin de ces tarifs au prix moyen payé en France de 0 fr. 055 par kilomètre, et pourtant un Anglais fait 8 voyages 25 en chemin de fer, tandis qu'un Français n'en fait que 2,4.

Les chemins de fer anglais ont transporté (1864) 35,475,647 tonnes de marchandises et 76,657,440 tonnes de houille, coke et minerais, ensemble 112,133,087 ou 5,200 tonnes par kilomètre. En France, ils ont transporté 37,269,877 tonnes, soit 2,660 tonnes par kilomètre. Ces chiffres indiquent mieux que toute autre statistique la proportion des richesses du sol et de l'activité dans ces deux pays.

On peut être surpris que les chemins de fer anglais, servant au déplacement d'un plus grand nombre de voyageurs et de marchandises que les chemins français, et ayant des tarifs beaucoup plus élevés, produisent moins, en recette kilométrique, que les chemins français. Cela s'explique par la distance moyenne parcourue par les voyageurs et les marchandises. Si on divise le nombre des voyageurs et des tonnes de marchandises par la recette, on trouve pour le produit d'un voyageur, en Angleterre, 1 fr. 66, en France 2 fr. 10; pour le produit d'une tonne de marchandises, en Angleterre 4 fr. 15, en France 9 fr. 36.

Digitized by Google

La proportion des recettes par kilomètre pour les diverses contrées de la Grande-Bretagne était (1864) :

Pour l'Angleterre	50,095 francs.
— l'Écosse	27,868 —
— l'Irlande	13,696 —
Ensemble	41,330 francs.
Et en 1866	42,350 francs.

Nous avons vu qu'en Angleterre, le transport de la houille et des minerais par les chemins de fer était double de celui des autres matières : 75,445,781 tonnes, contre 34,914,913 tonnes (1864). C'est presque le contraire quant au produit : 15,883,277 fr. 76 contre 28,385,900 fr. 32.

De 1859 à 1864, le mouvement de la houille et des minerais s'est accru dans la proportion de 51 à 75 ; celui des autres marchandises, dans le rapport de 27 à 35.

L'importance considérable du transport des charbons et des minerais et la crainte d'encombrer les voies par des trains lents et pesants ont forcé à donner une allure rapide aux trains chargés de ces matières. Ils sont donc légers. La configuration du sol et l'absence de fortes et longues déclivités facilitaient cette solution au moyen de machines relativement peu puissantes, et c'est là la cause pour laquelle on ne voit point, en Angleterre, des machines à huit roues couplées. Mais les tarifs de transport sont beaucoup plus élevés qu'en France.

C'est ici le lieu d'examiner s'il s'est produit quelque différence dans les tarifs de transport, suivant que l'exploitation des chemins de fer a été gardée par l'État ou confiée aux compagnies.

Il semblerait au premier coup d'œil qu'on ne peut, dans l'exploitation, séparer la tarification du système financier auquel l'établissement d'un chemin de fer est dû. On suppose que si le capital d'établissement est rémunéré directement sur le prix du transport, le tarif doit être plus élevé que si l'État exploitant prélève sur l'impôt le revenu du capital consacré

à la construction du chemin; or, ce fait ne s'est pas encore produit.

L'exploitation des chemins de fer par l'État ou par les particuliers ne présente pas de différence quant aux tarifs, parce qu'aucun gouvernement n'a consenti encore à sacrifier le revenu du capital engagé dans la construction des chemins de fer.

Cependant, le choix du système se résout en une question d'avoir ou de ne pas avoir ces voies de communication, car il est patent que, jusqu'à ce jour, les besoins politiques des gouvernements ont limité l'application du produit de l'impôt aux travaux publics.

En Angleterre, le procédé généralement appliqué pour l'établissement des diverses voies de communication qui constituent la viabilité du territoire a été de laisser aux capitaux le droit d'en tirer un revenu, à la charge de les entretenir et de les exploiter suivant un tarif maximum. Ce pays est cependant sorti radicalement de ce système pour l'établissement des chemins de fer dans les Indes. Les compagnies y jouissent d'une garantie d'intérêt sur le capital qu'elles dépensent, à charge de partager le revenu avec le gouvernement au delà de cet intérêt.

En France, l'usage des routes est gratuit, et celui des voies navigables l'est en grande partie. Il va l'être complétement dans peu. De plus, le système des garanties d'intérêt et des subventions appelle l'épargne privée à l'établissement des chemins de fer.

Les États-Unis d'Amérique ont commencé par imiter l'Angleterre; mais ils entrent, pour certaines lignes, dans le régime des subventions.

Les divers pays du continent ont pris modèle sur la France. Beaucoup ont même été au delà, en mettant les chemins de fer à la charge de l'État. Toujours est-il qu'à l'exception d'une tentative récente faite par la Belgique, et sur laquelle on ne

Digitized by

peut se prononcer, c'est la France qui a le mieux réussi : ses tarifs moyens sont les plus bas.

Les tarifs des chemins de fer sont, aux États-Unis d'Amérique, plus élevés qu'en Europe; mais la complète liberté laissée aux entreprises de traiter avec les particuliers pour le prix du transport ne permet pas de préciser la différence.

Dans l'ancienne Prusse, l'exploitation des chemins de fer se répartissait comme suit entre l'État et les compagnies (1864) :

Chemins construits et exploités par l'État.	1,601	kilomètres.
Chemins construits par les Compagnies et exploités par l'État	1,414	—
Chemins construits et exploités par les Compagnies	3,420	—
Total	6,436	kilomètres.

Sur la dépense d'établissement montant à 1,676 millions de francs, l'État avait contribué pour 395 millions.

Dans les 1,618 kilomètres ajoutés à ce réseau par les annexions, les divers États entraient dans la construction et l'exploitation pour une part importante.

Les résultats de ces deux systèmes présentent une identité à peu près complète : même coût de construction, mêmes tarifs, mêmes produits et dépenses.

La recette moyenne par kilomètre a été de 37,460 francs (en France, 45,244 francs).

Les tarifs moyens de la Prusse sont plus élevés que les tarifs français. Le gouvernement prussien retire un produit net de 19,000 francs par kilomètre, soit 7 3/4 pour 100 du capital d'établissement.

La comparaison des services rendus par les chemins de fer des divers pays peut s'établir par le nombre moyen de kilomètres de parcours effectués par les trains sur un kilomètre de longueur exploité. Nous donnons ces chiffres pour 1863 :

Digitized by Google

	Par an.		Par jour.
Angleterre	9,453	trains.	2[illegible] 85
France	8,483	—	23 22
Hollande	5,328	—	14 60
Prusse	5,296	—	14 48
Italie	5,095	—	13 90
Petits États d'Allemagne	4,400	—	12 05
Suisse	4,187	—	11 45
Russie	3,548	—	9 70
Autriche	3,489	—	9 53
Espagne	2,780	—	7 61
Suède	1,772	—	4 85

La faible supériorité de l'Angleterre sur la France n'est qu'apparente, en ce sens que les trains français sont plus chargés et leurs tarifs plus bas.

§ 4. — Autres pays.

Dans la *Confédération allemande du Nord*, 45,300,000 voyageurs ont monté en chemin de fer. En France, 89,359,162. Pour les marchandises, la Confédération a transporté 36,887,000 tonnes, et la France 37,269, 817; mais sur les chemins de fer allemands, une tonne de marchandise ne parcourt en moyenne que 70 kilomètres; en France, elle en parcourt 152; de telle sorte que le service rendu s'exprimera, pour les chemins de fer de la Confédération, par 2,580 millions de tonnes kilométriques, et pour les chemins français, par 5,837 millions de tonnes kilométriques.

La production minérale de la Prusse a pris, dans ces dernières années, un développement considérable, grâce aux chemins de fer. Elle a été, en 1866, de 2,233,461 tonnes de minerai de fer, valant en moyenne 7 fr. 75 la tonne. La haute teneur de ce minerai, dont la moyenne est de 50 pour 100, tandis que le rendement moyen des minerais français est d'environ 36 pour 100, lui permet le transport à grande distance, et il est probable qu'à titre de mélange avec ses minerais, la

Digitized by

France tirera des chemins de fer internationaux sur l'Allemagne de grands avantages pour sa méallurgie.

Autriche. — Les services que les chemins de fer rendent à l'Autriche ont un caractère plus tranché encore, au point de vue du transport des produits du sol. Le revenu est de 29,500 francs par kilomètre. Les voyageurs y entrent pour 7,400 francs et les marchandises pour 22,100 francs. L'Autriche est riche en matières minérales qui, pour se répandre sur son vaste territoire, ont à parcourir de longues distances. Sa production minérale dépasse 700 millions de francs.

Mais au point de vue international, l'intérêt de ses chemins de fer devient de premier ordre. En 1864, la Hongrie a répandu dans toute l'Allemagne, l'Italie, la Turquie et la Suisse, 215,000 tonnes de grains, au prix de 12 fr. 50 l'hectolitre (15 fr. 60 les 100 kilogrammes).

Par suite de la proportion considérable du trafic des matières sur celui des voyageurs, l'exploitation est relativement économique. Le produit net est de 17,120 francs par kilomètre, et les dépenses de 41 pour 100 de la recette totale.

Les tarifs sont beaucoup plus élevés qu'en France.

Suède. — Le gouvernement suédois exploite ses 1,036 kilomètres de chemins de fer avec une grande économie. La recette moyenne est de 5,560 francs par kilomètre ; la dépense d'exploitation 3,310 francs. Le produit net est de 2,250 francs ; il équivaut à 2,18 pour 100 du capital d'établissement. On peut juger par ces chiffres du degré d'élasticité que présentent les chemins de fer comme instrument de transport.

Norwége. — Quatre chemins de fer, d'ensemble 292 kilomètres, à voie de $1^{m}067$, sont exploités en Norwége. Le mouvement y est de 1,042,521 tonnes, et de 87,364 voyageurs à un kilomètre. La dépense varie de 4,300 à 2,000 francs par kilomètre ; elle est couverte par les recettes. Ces chemins entrent à peine en exploitation. Le train produit de 2 fr. 30

Digitized by Google

à 2 fr. 76, et coûte de 1 fr. 97 à 2 fr. 82, suivant les déclivités. C'est un des spécimens les plus intéressants sur lesquels l'Exposition aura attiré l'attention.

Nous devons une mention spéciale aux ingénieurs qui, depuis la dernière Exposition, ont concouru par d'utiles publications à étendre les connaissances relatives aux chemins de fer. M. Perdonnet, de si regrettable mémoire, a mis avant de mourir la dernière main à son utile traité, qui est l'œuvre la plus étendue sur cette matière.

Le livre de M. Brame, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur les signaux, aura pour la sécurité publique les plus utiles conséquences. Il est désirable que ce travail soit continué et que chaque nouvelle et utile application dans ce genre soit immédiatement livrée à la publicité. L'ouvrage de M. Goschler, sur l'entretien et l'exploitation, contribuera à former le personnel aux bonnes habitudes. Il importait de donner à chacun des agents les notions d'ensemble et de détail qui les rendent aptes à la fonction qu'ils ont à remplir.

Le livre de M. Couche, ingénieur en chef des Mines, sur le matériel roulant, est ce que l'on devait attendre d'études scientifiques incessantes, jointes à un vaste champ d'expérience. Les ingénieurs, les mécaniciens, les constructeurs et les chefs d'atelier qui s'occupent du matériel se comptent aujourd'hui par milliers; il leur faut des livres spéciaux d'instruction technique, où les applications soient savamment triées et clairement exposées.

Les derniers jours de l'Exposition ont vu paraître le livre de M. Jacqmin, ingénieur des Ponts et Chaussées, sur l'exploitation des chemins de fer. C'est l'exposé complet de l'ensemble de cette grande industrie, considérée aux divers points de vue qui intéressent la société tout entière : les hommes qui dirigent ou contrôlent les services publics, et les agents principaux de ces services. Ce livre était indispensable pour la propagation des idées saines, qui doivent servir de lien entre

Digitized by Google

l'industrie exploitante et l'intérêt public; ce dernier a sa voie et doit l'imposer à l'autre, mais l'industrie, loin d'attendre l'impulsion dans cette direction, doit la donner par son activité et son savoir faire. Elle sait mieux que personne la force de l'instrument qu'elle a dans la main et les moyens d'en tirer parti à l'avantage général.

Pour terminer sur ce point, appelons l'attention sur l'importance des publications de chacune des compagnies de chemins de fer, en ordres de services techniques, dessins, rapports et études, qu'une distribution libérale apporte incessamment aux hommes engagés directement dans cette industrie. Ainsi se produit un échange d'études sanctionnées par l'expérience, sur des faits qui intéressent immédiatement l'art d'exploiter les chemins de fer; elles propagent vite ce qui est utile, et donnent à la marche du progrès dans la construction et dans l'exploitation la sécurité, sans laquelle l'expérience coûterait trop cher.

Nous avons exposé les faits principaux concernant la viabilité des divers pays qui ont figuré à l'Exposition Universelle. Celle-ci n'est pas seulement le reflet des progrès de cette viabilité : on peut affirmer qu'elle en est la conséquence à peu près directe. Ce sont les chemins de fer qui ont donné au travail individuel et collectif l'élan dont elle est la preuve. On peut dire de toutes les Expositions que la dernière a toujours été la plus utile, mais on dira de l'Exposition de 1867 que, si elle a, sous ce rapport, dépassé toutes les autres, elle le doit au progrès de la viabilité.

Quelque découverte qui puisse être faite dans l'industrie et dans les arts, il n'y en a pas qui vaille celle qui a abaissé de 4 à 1 le prix du transport de toutes choses, en augmentant la vitesse dans le rapport de 1 à 5.

Il y a dix années au plus que ce nouvel état de choses exerce son influence sur l'industrie générale, et déjà l'Exposition Universelle nous montre une égalité, menaçante pour les uns, consolante pour les autres, providentielle pour tous, dans les

Digitized by Google

moyens de production. C'est comme une abondance qui monte et qui doit enrichir l'humanité sur tous les points du globe. A voir l'ardeur qui nous entraîne et qui nous unit, pour améliorer demain ce qui a été fait hier, qui douterait du mieux qui va suivre, et n'aurait confiance dans ce que l'avenir prépare ?

Digitized by Google

SECTION II

VOIE ET MATÉRIEL FIXE DE LA VOIE

Par MM. Eugène FLACHAT et de GOLDSCHMIDT.

CHAPITRE I.

ÉLÉMENTS ET COMPOSITION DE LA VOIE.

Rails en fer et en acier. — Composition de la voie. — Traverses.

Rails en fer et en acier. — En 1855, après sept années d'expérience sur la constitution de la voie des chemins de fer, on était encore dans l'incertitude sur le meilleur mode de fabrication des rails, sur le meilleur procédé de conservation des traverses, sur la forme du rail ainsi que sur ses attaches aux traverses. Le rapport du Jury de l'Exposition Universelle de 1855 constatait dans la fabrication des rails l'insuffisance du corroyage pour souder parfaitement les barres qui entrent dans la composition du rail. Quant à la composition de la voie, il ne restait plus de dés en pierre; du moins les derniers vestiges en disparaissaient. Le rapport constatait aussi l'abandon croissant du rail Brunel porté sur longrines. Il émettait un doute sur le mérite du rail Barlow, et il préconisait l'éclissage des rails qui commençait. Il signalait l'efficacité du procédé Boucherie, pour la conservation des traverses en hêtre, injectées de sulfate de cuivre.

En 1862, sept ans plus tard, et après quatorze ans d'expérience,

Digitized by Google

l'Exposition Universelle de Londres constatait de grands progrès accomplis, mais aussi des incertitudes persistantes sur les mêmes points. Le procédé de fabrication des rails s'était perfectionné par l'exclusion du squeezer, par l'emploi du pilon avant le laminage et par un meilleur choix des minerais de fer; mais l'inefficacité du corroyage subsistait encore.

Cependant les fabricants acceptaient pour leurs rails la responsabilité de plusieurs années de service sans altération de la table de roulement; les limites de résistance à la rupture stipulées dans les cahiers des charges s'étendaient de plus en plus.

L'acier puddlé et l'acier Bessemer se montraient timidement dans les changements de voie. La période expérimentale commençait, cependant, de l'acier fabriqué par ces deux procédés. L'emploi du rail Vignole sur traverses s'était généralisé en Allemagne, en Russie, en Espagne et en Italie; il se répandait en France, mais le rail à double champignon continuait à y prévaloir. En Angleterre, ce dernier type était presque exclusivement employé. L'éclissage s'était étendu avec un succès continu à ces deux rails. La forme du rail Vignole s'était améliorée en hauteur et aussi en largeur de base. Des voies anciennes ou trop faibles en rails à double champignon avaient été renouvelées en rails Vignole renforcés. Le rail Barlow avait échoué par vice de fabrication, par son instabilité sur le ballast, par le relâchement des rivures aux joints et par la difficulté de l'entretien de la voie. La construction des voies sur longrines avait aussi à peu près complétement disparu. Des voies métalliques, composées de rails portés sur des cloches ou supports isolés en fonte, avaient été largement employées à l'étranger, mais ne s'étaient pas répandues sur le continent. Cependant l'usure des rails se manifestait déjà sérieusement. Le poids du matériel roulant s'accroissait progressivement. Les voitures devenaient plus spacieuses et plus résistantes; la charge des wagons était portée de 6 tonnes à 10; le poids des locomotives atteignait 6,

Digitized by Google

5 tonnes sur chaque roue motrice, et la vitesse s'accroissait dans des proportions inespérées. Les rails à double champignon étaient, par suite de leur faible dureté, rapidement altérés à leur point de contact sur le coussinet, ce qui abrégeait beaucoup leur durée après le retournement. Les rails en acier se montraient de plus en plus dans les changements et les croisements de voie.

Quant aux traverses, l'impossibilité d'étendre le procédé Boucherie à d'autres essences que le hêtre avait donné naissance à d'autres moyens d'injection des bois d'essence blanche, par le vide et par la pression ; on ignorait les phénomènes d'endosmose qui amènent le départ des matières conservatrices, et l'oxydation rapide des attaches en fer des rails aux traverses injectées de sulfate de cuivre.

De 1862 à 1867, l'état des choses s'est fortement modifié. Quant à la forme du rail, le choix est plus tranché. Les Compagnies de Lyon, du Nord et de l'Est ont adopté le rail Vignole. Les Compagnies de l'Ouest et du Midi ont adopté le rail à double champignon. La Compagnie d'Orléans a adopté ce dernier type sur les lignes à grand trafic et le rail Vignole sur les lignes secondaires.

Le coussinet des joints ne se retrouve plus que dans les gares des anciennes lignes. Le coussinet à éclisses ne se propage pas. L'éclisse en porte-à-faux s'étend très-rapidement. Malgré ces progrès, l'usure des rails a pris des proportions considérables. Toutes les lignes anciennes sont entrées dans la période du renouvellement, et plusieurs d'entre elles ont déjà renouvelé deux fois les parties les plus fatiguées par une circulation fréquente et rapide des trains lourds, rendus plus rigides par de meilleures dispositions d'attelage. Aux abords des grandes villes, Londres et Paris, les rails ont dû être remplacés après trois années de service. De nouvelles nécessités se sont d'ailleurs produites dans l'établissement des chemins de fer : la jonction des vallées séparées par des plateaux élevés et la traversée des montagnes ont exigé de fortes

Digitized by Google

déclivités, sur lesquelles l'usage continu du frein est indispensable pour modérer la vitesse de descente, tandis que, pour les gravir, il faut donner aux machines une puissance, et partant un poids considérable. Les rails n'avaient pas encore été soumis à ces dures épreuves. Le Guadarrama, les Pyrénées, les Apennins, les Alpes, au Sömmering et au Brenner, les Alpes Maritimes, le Cantal et un grand nombre de faîtes secondaires ont été franchis, et l'expérience démontre que la qualité supérieure des rails y est indispensable.

C'est à partir de 10 millimètres que les pentes exigent l'action continue des freins. En voici l'importance pour la France.

TABLEAU des inclinaisons supérieures à 10 millimètres, sur les chemins français et sur quelques chemins étrangers.

DÉSIGNATION des CHEMINS.	LONGUEURS EN KILOMÈTRES ET PENTES EN MILLIMÈTRES.						
	10 à 15.	15,1 à 20	20,1 à 25	25,1 à 30	30,1 à 35	40,1 à 45	TOTAUX.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Orléans	991	162	18	22	26	»	1,219
Midi	123	43	»	»	22	»	188
Paris-Lyon-Méditerranée	411	22	»	10	»	»	443
Est (1)	265	23	17	»	»	»	305
Ouest	232	9	»	»	2 (3)	»	233
Nord	17	5	»	»	»	3(2)	25
	2,039	264	35	32	50	3	2,421
A L'ÉTRANGER.							
Espagne (5)	385	110	3	»	»	»	523
Autriche (4)	80	25	75	»	»	»	180
	2,504	399	141	32	50	3	3,124

(1) Y compris la ligne du Luxembourg.
(2) Ligne d'Enghien à Montmorency.
(3) Ligne de Saint-Germain.
(4) Y compris le Brenner.
(5) Nord de l'Espagne.

Digitized by Google

C'est sans doute un fait considérable que déjà un sixième de l'étendue du réseau exploité en France se compose de déclivités où l'emploi continu du frein est nécessaire pour modérer la vitesse de marche, mais l'utilité de l'établissement de voies en rails moins altérables par l'usure n'est pas là seulement. On peut même dire que, quant à présent, ce fait, qui prendra certainement de la gravité, n'a eu qu'une influence médiocre sur les modifications radicales qui s'accomplissent par rapport à la qualité demandée aux rails. En effet, on cherche dans le renouvellement un accroissement de dureté de la surface de roulement, mais, en outre, un accroissement de résistance du rail et de rigidité de la voie. On veut, en conséquence, substituer, sur les lignes de grande circulation, des rails en acier aux rails en fer et donner, même aux rails en acier, des dimensions plus fortes.

Il est reconnu que la circulation des trains à grande vitesse, sur des lignes actives comme celle de Paris à Marseille, amène une usure rapide des rails, et que, en outre, il y a avantage, en cas d'accroissement de vitesse, à rendre la voie plus rigide en augmentant le poids du rail et le nombre des traverses. La voie du chemin de fer de Lyon a été cependant, dès l'origine, des plus solidement constituée, autant par les dimensions que par le choix des matériaux qui la composent et la bonne qualité du ballast. Sur cette ligne, comme sur toutes celles dont le temps et les soins d'entretien ont consolidé la base, la fixité de la voie est devenue telle qu'il ne se produit plus de déraillements résultant de l'imperfection de l'assiette des voies ou du défaut de qualité des matériaux qui la composent. Cependant, la Compagnie du chemin de fer de Lyon se décide à remplacer les deux voies entre Paris et Marseille par des rails en acier Bessemer de 40 kilogrammes, au lieu de rails en fer de 37 kilogrammes, et elle est largement entrée dans cette voie par une commande de 20,000 tonnes. Il lui en faudrait près de 140,000 tonnes pour la ligne entière.

Digitized by Google

Le rail d'acier Bessemer adopté par la Compagnie de Lyon a 0^m130 de hauteur et 0^m130 de largeur de patin. Le corps a 0,016 d'épaisseur; le champignon, 0,06 de largeur. Les surfaces de contact des éclisses sont suivant un angle de 55°8 dont le sommet est à 0^m058 de l'axe vertical et à 0^m057 de hauteur du dessous du patin; la base d'appui sur le sol de la nouvelle voie est augmentée d'une traverse par rail; l'éclissage est également renforcé. Rien n'est négligé pour obtenir la voie la plus solide.

La Compagnie d'Orléans emploie le rail en acier Bessemer, pour la traversée du Cantal, avec une huitième traverse en plus sous le rail de 6 mètres; il y a des déclivités de 0^m030 et des courbes de 300 mètres dans le tracé. La Compagnie du Midi fait de même sur la rampe de Montrejeau. La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest veut renouveler ses voies, aux abords de Paris depuis Colombes, sur sept kilomètres, et sur le chemin d'Auteuil, en rails d'acier Bessemer. La Compagnie du Nord a fait, cette année, une commande de 3,000 tonnes de ces rails dans l'intention de les placer entre Paris et Creil, par Chantilly. La Compagnie d'Orléans a renouvelé la voie descendante de la rampe d'Étampes, partie en rails d'acier, partie en rails cémentés seulement sur la table de roulement.

En somme, 28,000 tonnes de rails en acier Bessemer, ont été commandées dans les sept premiers mois de l'année 1867.

La production totale de l'acier Bessemer avait été :

En 1863	de	1856	tonnes.
— 1864	—	6650	—
— 1865	—	9751	—
— 1866	—	10790	—

Cette dernière quantité comprend 3,687 tonnes de rails d'acier Bessemer, à joindre aux 28,000 tonnes commandées cette année. Ces 31,687 tonnes de rails correspondent à un renouvellement de 400 kilomètres de voie simple. Mais la seule

Digitized by Google

part de la Compagnie de Lyon, qui entre dans ce chiffre pour 350 kilomètres de voie à renouveler immédiatement de cette manière, est le fait principal à considérer. Il est vrai que la ligne dont il s'agit appartient à celui des six anciens réseaux français qui est le plus chargé de trafic. Le produit kilométrique y est de 77,000 francs (1866), tandis que les autres vont en décroissant de la manière suivante : Nord, 76,000 (1) ; Ouest, 64,600 ; Est, 52,800 ; Orléans, 46,000 ; Midi, 43,500. Ces chiffres de recettes kilométriques ne sont pas l'expression complète de la circulation qui s'accomplit sur les parties du réseau, sur lesquelles il est question de placer des rails en acier. L'ancien réseau de Lyon a 2,012 kilomètres d'étendue, et la ligne principale de Paris à Marseille en a 863 ; la recette y doit certainement dépasser 100,000 francs par kilomètre.

Sur le réseau du Nord, la ligne de Paris à Amiens ; sur celui de l'Est, la ligne de Paris à Epernay ; sur l'Ouest, la ligne de Paris à Rouen, qui sont de minimes fractions de ces réseaux, approchent ou dépassent ce rendement kilométrique.

On peut en conclure que l'intérêt immédiat du renouvellement en rails d'acier Bessemer ne semble pas s'étendre, en voie simple, à plus de 2,000 à 3,000 kilomètres, sur les 22,000 kilomètres de longueur de voie simple qui constituent le réseau actuellement exploité, et il faut s'attendre à ce que, dans cette limite, nos usines suffisent pleinement à cette transformation. Mais là ne s'arrête pas l'intérêt. L'abaissement progressif du prix de l'acier Bessemer donne l'espoir qu'il pourra atteindre dans peu d'années le prix de fabrication des rails en fer. La simplicité, au moins apparente, du procédé fait espérer ce résultat. Il évite la longue et dispendieuse élaboration du corroyage, qui fait du rail plutôt un faisceau de parties disposées à se séparer sous l'influence des

(1) Ancien et nouveau réseau.

Digitized by Google

changements de forme provoqués par le service, qu'un tout homogène comme l'acier provenant de la fusion.

Si on en croit les témoignages qu'apporte l'Exposition, quant à la fabrication des rails en acier, l'éventualité que nous indiquons ici n'est peut-être pas éloignée, et l'acier pourrait être demandé pour les parties de l'ancien réseau, où la durée des rails ordinaires ne dépasse pas douze années. Cherchons donc l'intérêt qui s'attache à la question ainsi envisagée. Il importe, en première ligne, de connaître la valeur du capital engagé en rails dans le réseau français. Ce réseau se composait, fin 1866, en chemins de fer à double voie, de 7,465 kilomètres, soit en simple voie. . . . . . 14,929,592 mèt.
Le réseau de chemins à simple voie était de 7,036,271 —

Ensemble . . . . . . 21,965,863 mèt.

Si on ne tient pas compte des gares et garages et des parties à trois et à quatre voies, qui peuvent être estimées approximativement à 10 pour 100 du chiffre ci-dessus, on pourra supposer, par compensation, le poids moyen des rails en France à 37 kil. 5 par mètre linéaire, soit 75 kilogrammes pour le mètre courant de voie, et le poids total sera alors de 1,647,432 tonnes.

La statistique donne les quantités de rails entrées dans la consommation du pays depuis 1855. Ce qui existait auparavant doit aussi entrer en compte. Il existait, en 1855, 9,553 kilomètres de voie simple, qui, à 60 kilogrammes par mètre courant, représentaient . . . . 573,180 tonnes.

De 1855 à 1860 inclusivement (6 ans), les rails livrés à la consommation intérieure furent en poids de. . . . . 864,368 —

De 1860 à 1866 inclusivement (6 ans), en poids . . . . 1,041,324 —

Total . . . . 2,478,872 tonnes.

Digitized by Google

Si l'on déduit le poids que représentent les voies actuellement posées. . . . . . 1,647,432 tonnes.

il reste approximativement pour le renouvellement des voies . . . . 831,448 tonnes, qui correspondent à 11,000 kilomètres de voie simple sur 22,000 qui existent aujourd'hui. C'est la moitié. Dans ce calcul n'entre pas la quantité de rails fournis de 1839 à 1855, pour la transformation des voies composées de rails du poids de 20 à 30 kilogrammes en rails plus lourds, ni la quantité employée en renouvellement pendant la même période.

Au dire des journaux techniques, le *London and North-Western* a maintenant 150 kilomètres de voie renouvelés en rails d'acier, et la substitution de l'acier au fer serait arrêtée en principe pour les rails de tout le réseau de 4,000 kilomètres.

La durée des rails est extrêmement variable. Une statistique très-détaillée, remontant à l'origine des chemins de fer, pourrait seule fournir des chiffres exacts; elle serait facile, tant les archives et la comptabilité des Compagnies présentent d'ordre et de régularité pour les travaux de ce genre. A défaut, le rapprochement qui précède suffit à démontrer l'importance de la question.

Au prix actuel de 210 francs la tonne, il entre actuellement une valeur en rails de 386 millions de francs dans le réseau exploité. Il en est entré, en outre, depuis 1855, dans le renouvellement pour 175 millions de francs, et, comme les rails posés depuis cinq ans n'ont sans doute pas été renouvelés, il faut admettre que cette somme ne s'applique qu'au réseau posé antérieurement à 1861, c'est-à-dire à 5,000 kilomètres de chemins de fer exploités alors. En séparant de la fabrication annuelle de 150,000 tonnes de rails 70 à 80,000 tonnes pour les 920 kilomètres dont le réseau s'accroît en moyenne, il resterait pour le renouvellement une quantité égale, ayant une valeur de 15 à 16 millions. Il faut y ajouter la dépense de dépose et de repose des voies, toujours délicate et dispendieuse

Digitized by Google

en cours de service, et, en outre, le renouvellement de certains accessoires de la voie. Mais il faut en déduire la valeur des vieux rails. Elle est de plus de moitié des rails neufs. Tout compensé, le renouvellement du réseau français actuel ne peut guère être estimé à moins d'une annuité de 20 millions.

Lorsque les 6,544 kilomètres de voie restant à poser au 31 décembre 1866 seront terminés, la longueur totale de voie simple sera de 32,000 kilomètres. Les matériaux composant cette voie ont une valeur actuelle de 25,000 francs par kilomètre, auxquels il faut ajouter 5,000 francs pour les appareils fixes non compris dans le prix ci-dessus. C'est donc une valeur de 900 millions engagée, qui, par l'altération provenant de l'usure, peut perdre moitié de son prix. Ces chiffres démontrent l'utilité, sinon l'urgence, d'accroître la durée d'emploi du métal, comme de tous les autres éléments entrant dans la composition de la voie des chemins de fer.

On peut faire le compte de cet intérêt :

La voie neuve valant	25,000 fr. par kilom.	900,000,000 fr.
La voie hors de service, valant	9,500 fr. —	304,000,000 —
Il reste	15,500 fr. ou par kilom.	596,000,000 fr.

L'annuité de reconstitution serait dans ce cas :

			Par kilom.	Pour le réseau.
Mise hors de service en	12 ans	973 fr.	74	31,159,000 fr.
— —	15 —	718	32	22,986,000
— —	20 —	468	76	15,000,000

Quant à la durée des rails en acier, sera-t-elle double, triple de celle des rails en fer ? La rigidité de la voie apportera-t-elle une réduction sensible dans les frais d'entretien ? Permettra-t-elle un accroissement sensible de vitesse sans mouvement de lacet ? Ce sont là des questions qui reposent plutôt sur des espérances légitimes que sur des convictions.

Ce n'est pas que dans la fabrication des rails en fer d'im-

Digitized by Google

portants progrès ne se réalisent chaque jour, soit par un choix de minerais meilleurs, par un triage attentif des qualités des fontes, un affinage plus épurateur, un traitement très-énergique au marteau-pilon. Le fer n° 1 amené ainsi à supporter une température plus élevée ; un nouveau triage de ce fer pour la composition du paquet et pour la fabrication des couvertes ; au réchauffage, une température plus élevée; un second traitement au marteau-pilon et le passage au laminoir réduit au nombre de cannelures nécessaires pour donner la forme définitive: ces méthodes de travail ont produit des rails plus durs, plus homogènes, mieux soudés et, en général, un fer beaucoup plus pur.

On peut tirer des données fournies par l'Exposition les conclusions que nous allons résumer touchant la supériorité du rail en acier sur le rail en fer. Les fontes spéciales traitées dans l'appareil Bessemer peuvent produire, par la fusion, le laminage et le martelage des rails en fer aciéreux dont, à formes identiques, la ténacité est de 60 à 70 pour 100 au-dessus de celle des rails en fer ordinaire. La rigidité et l'élasticité sont supérieures dans le même rapport. La régularité dans la fabrication est, au contraire, jusqu'à ce jour beaucoup moindre. Elle est l'obstacle sérieux à l'extension de l'application des rails en acier Bessemer, parce qu'elle est la cause principale de l'élévation du prix. En France, la fabrication des rails en acier Bessemer exige, en général, pour la préparation de la fonte, le mélange de minerais étrangers aux minerais du pays ; mais le bas prix des minerais du pays compense largement ce désavantage. Les minerais du midi de la France commencent à entrer en lice avec ceux de l'étranger qui produisent les meilleurs aciers Bessemer ; ils contribuent à l'abaissement des prix. Toujours est-il que les usines françaises fabriquent aujourd'hui le rail en acier Bessemer à un prix qui ne permet pas la concurrence des usines étrangères.

L'amélioration de la table de roulement des rails est aussi recherchée au moyen de la substitution de l'acier au fer dans

le champignon supérieur du rail Vignole. L'Exposition offre, à cet égard, un progrès qui ne peut passer inaperçu. Déjà, depuis deux années, l'Autriche avait employé au passage du Sömmering des rails mixtes de ce genre. Sur la hauteur du paquet de 0m263 est une couverte en acier de 0m043 d'épaisseur au milieu, et de 0m078 sur les bords enfermant la seconde mise, qui, comme les mises inférieures, est en fer ordinaire. La proportion de l'acier est ainsi de plus du sixième sur l'ensemble, et sa forme l'empêche de tourner sous l'action du laminoir. Le champignon se trouve ainsi presque entièrement composé d'acier, et le corps du rail est soudé et enfermé dans l'acier à l'intérieur du champignon. Le succès de ce rail mixte en a amené l'emploi sur les 124 kilomètres de la traversée du Brenner.

Treize établissements ont présenté des rails mixtes de ce genre à l'Exposition. Pour la France, Boigues-Rambourg et Cie, Terrenoire, Maubeuge, Verdié, Martin; pour la Prusse : Hœrde, Rothe Erde, Phénix; pour l'Autriche : Reschitza, Zelsivay, Styrie, chemin de fer du Sud; pour l'Angleterre, J. Dixon. On ne peut méconnaître l'importance de tant d'efforts, et, à juger par la mesure prise par l'Autriche, à voir les échantillons exposés, il semble que le soudage de l'acier sur le fer ait réussi. Cela ne peut être cependant qu'une conjecture. La soudure parfaite n'est possible qu'à la température qui convient à chaque état du métal, et le changement d'état du fer, qui résulte d'une simple manutention, suffit pour la modifier profondément. De là, dans le corroyage ordinaire, la difficulté de bien souder entre eux le fer n° 1 et le fer n° 2, produits avec les mêmes minerais et par les mêmes procédés. La soudure de l'acier sur le fer sera donc, si on l'obtient aussi couramment que l'Exposition semble l'indiquer, un des progrès les plus intéressants qu'elle aura mis en saillie. Il faut encore attendre les résultats de l'expérience sur des applications plus nombreuses et plus étendues, et surtout avec d'autres variétés de fer et d'acier.

Digitized by Google

Bien que la fabrication des rails en fer ordinaire se soit beaucoup améliorée, et que la régularité de la qualité ait fait les progrès les plus sensibles, leur prix a diminué. Le progrès technique dans la fabrication a sans doute une part dans cet abaissement successif des prix, mais une part plus forte est due aux causes suivantes : 1° la réduction des frais de transport sur les canaux, par suite des améliorations qui leur ont été apportées et de la diminution des droits de navigation ; 2° la part prise dans les transports à bas prix du minerai, du charbon minéral et de la fonte, par les chemins de fer ; 3° la concentration de la fabrication dans un plus petit nombre d'usines ; 4° le placement dans l'industrie du fer d'un capital nouveau qui, permettant l'accroissement de l'outillage et des moyens de production, a sauvé nos grands établissements dans la lutte qui s'est produite entre eux et les fabricants étrangers.

Maintenant, et quoique les causes que nous venons d'indiquer continuent lentement leur action salutaire, les fabricants portent une attention plus intense sur les procédés techniques. L'Exposition démontre ce mouvement. La science est sondée avec ardeur : chacun expose les résultats obtenus et les procédés de fabrication, beaucoup plus au point de vue de la qualité appliquée aux produits les plus usuels qu'aux emplois restreints. On se contente à peine, pour les rails, de l'acier qu'on employait autrefois en burins et en ressorts. Il est donc certain qu'il s'est opéré une révolution dans la fabrication des rails. La fonte ne sera plus la même ; la fusion prétend remplacer à la fois le puddlage et le corroyage. Le martelage change de nature : il faut qu'il pénètre à cœur ; le laminage n'a plus d'autre rôle que de donner la forme définitive. Dans toutes ces opérations, la température à laquelle le travail s'accomplit s'élève de 50 pour 100.

Quinze établissements français ont exposé des rails. Dix produisent des rails en fer : Alais, Anzin, Denain, Boigues-Rambourg et C^ie^, Châtillon-Commentry, le Creusot, Bességes, de

Digitized by Google

Wendel, Terrenoire, Maubeuge ; six produisent des rails mixtes, fer et acier : Boigues-Rambourg et Cie, Terrenoire, Toutevoye, Maubeuge, Verdié, Sireuil ; cinq produisent des rails en acier Bessemer : Imphy-Saint-Seurin, Petin et Gaudet, Terrenoire, de Dietrich, Fraisans ; trois produisent des rails en acier fondu : Petin et Gaudet, Verdié, Sireuil.

Huit établissements belges exposent des rails en fer ordinaire ; un seul (Cockerill) fabrique des rails en acier Bessemer. Huit établissements prussiens exposent des rails : un en fer ordinaire ; trois en fer mixte acier, et fer ; deux en acier Bessemer, et deux en acier fondu. Quatre établissements autrichiens exposent : deux des rails en fer ; deux des rails en fer et acier ; trois des rails en acier Bessemer ; un des rails en fer fondu. Quatre usines suédoises exposent des rails en fer. Sept exposants anglais exposent des rails en fer ; deux d'entre eux exposent des rails mixtes, fer et acier.

L'Autriche a posé, en 1866, 279 kilomètres de rails en acier puddlé, forme Vignole ; le patin a 0m11 de largeur, le champignon 0m037, la hauteur du rail est de 0m12, l'épaisseur du corps 0m013, le poids 30k5. Un rail mixte (Vignole), dont le corps est en fer et le champignon en acier, est posé par l'Autriche sur les 124 kilomètres de la traversée du Brenner.

Nous avons expliqué cette fabrication. Le succès paraît assuré, puisque, depuis deux ans, pas un de ces mêmes rails posés au Sömmering n'a été retiré.

Un grand nombre d'établissements français réussissent dans cette fabrication.

Nous terminerons par l'indication des prix actuels des rails en fer, en acier puddlé, en acier fondu et en acier Bessemer.

Digitized by Google

QUALITÉ DES RAILS.		PAYS.	USINES.	PRIX PAR TONNE.
Rails en fer.	Rail en fer ordinaire avec couverture en fer corroyé.	Belgique.	Blondiaux et Cie, Thy-le-Château	160 fr.
	— — —	France.	De Wendel, rendu à Maubeuge	182 fr. 50
	— — —	Angleterre.	Pays de Galles (sous vergue)	150 fr.
	— — —	Prusse.	Société des mines d'Aix-la-Chapelle	202.50-225 fr.
	— — —	Autriche.	Cie des Chemins du Sud d'Autriche, usine de Gratz.	189 fr. 60
	— la tête en fer à fins grains	Prusse.	Société des usines d'Aix-la-Chapelle	232,50-270 fr.
	— — —	Autriche.	Cie des Chemins du Sud d'Autriche, usine de Gratz.	192 fr.
Rails en acier puddlé	— la tête en acier puddlé	Prusse.	Société des usines d'Aix-la-Chapelle	232,50-270 fr.
	Rail en acier puddlé	Autriche.	Usine Dickmann, Prévalé (Styrie)	320 fr.
Rails en acier fondu.	Rail en acier fondu au creuset	Prusse.	Aciérie Krupp Essen (Westphalie)	400 fr.
	—	Id.	Chemins de fer de la Basse-Silésie	517 fr. 50
	Rails Vignole ou à double champignon pour croisements.	France	1859. Petin et Gaudet, Verdié, Saint-Seurin-Imphy.	931 et 935 fr.
			1860.	900-895 fr.
			1861.	665, 740 et 850 fr.
			1863.	500-730 fr.
			1866. Émile Martin, Sireuil	345 fr.
			Id. Petin et Gaudet	340 fr.
		Angleterre.		»
Rails en acier Bessemer et en acier atlas.	Rail en fer ordinaire, la tête en acier Bessemer	Autriche.	Cie des chemins du Sud de l'Autriche, usine de Gratz.	220 fr.
	— —	Prusse.	Société des mines et usines de Hoerde (Westphalie).	375 fr.
	Rail en acier Bessemer	Autriche.	Usine Henkel-Donnersmark, à Zeltweg (Styrie)	304 fr.
	—	Id.	Cie des Chemins du Sud d'Autriche, usine de Gratz.	310 fr.
	—	Id.	Usine Rothschild-Wittkowitz (Moravie.)	360 fr.
	—	Prusse.	Usine de Bochüm (Westphalie)	400 fr.
	—	Id.	Société des mines et usines de Hoerdé (Westphalie).	412 fr. 50
	Rail en acier atlas à double champignon Vignole	Angleterre.		370 fr.
	— —	Id.		400 fr.
	Rail Vignole à double champignon pour voie courante et pour croisements	France	1864. Imphy, Terre-Noire, Verdié, Petin et Gaudet, Châtillon et Commentry, De Dietrich, Fraisans.	500-550 fr.
			1865.	443-500 fr.
			1866.	395-404 fr.
			1867.	315-360 fr.

Composition de la voie. — Du rail et de ses qualités, passons à la composition de la voie.

La voie en rail Vignole, sur traverses en bois, gagne du terrain sur la voie en rails à double champignon. Elle a cependant contre elle l'inconvénient d'une moindre immersion de la traverse dans le ballast et d'une attache moins rigide du rail sur les traverses. On lui attribue, à coût égal, plus d'assiette sur le sol, un roulement plus doux, plus de facilité d'entretien, parce qu'elle est plus simple et composée de moins d'éléments. L'Allemagne l'emploie exclusivement ; la Compagnie d'Orléans continue à employer le rail à deux champignons sur les voies importantes, et le rail Vignole sur les lignes peu fréquentées. L'Angleterre et, en France, la Compagnie de l'Ouest et celle du Midi emploient exclusivement le rail à double champignon. Le Nord préfère la voie Vignole. A part un retour, peut-être expliqué par des circonstances locales, à la pose des rails sur dés en pierre, en Bavière, et les tentatives en faveur des voies exclusivement métalliques dont nous nous occuperons plus loin, on peut dire que, d'une manière générale, la lutte se concentre entre les deux voies et les deux formes de rails Vignole et le double champignon. Les autres, tels que le rail à pont, le rail Barlow, le rail ondulé ou à simple champignon ont disparu, ou ne se montrent plus que par le flux et le reflux éternels que l'esprit d'invention ramène incessamment, ayant trop souvent pour véhicule l'ignorance de ce que l'expérience a repoussé.

Une voie sur plateaux longitudinaux en bois, dont un spécimen est à l'essai en Espagne, est exposée par M. de Bergue. Elle a pour but l'emploi des bois sur de faibles dimensions. Cet avantage est atténué par la multiplicité des pièces et la complication du système.

Le poids du rail Vignole et à double champignon s'est constamment accru. Jusqu'à ce jour, cependant, le poids de 46 kilogrammes par mètre linéaire n'a été atteint que sur le chemin de fer du North-Western. La dimension des traverses

Digitized by Google

s'accroît également, ainsi que leur nombre par rail. A 2^m75 de longueur et 0^m22 de largeur, posées à 0^m80 d'axe en axe, elles offrent à la voie une surface d'appui sur le ballast, par mètre linéaire, de 75 décimètres carrés. La Compagnie de Lyon porte cette surface à 90 décimètres carrés sous les voies principales.

L'amélioration des deux systèmes de voie se montre dans la perfection de l'éclissage. Le coussinet-éclisse a cédé la place aux éclisses prolongées jusque sur les traverses voisines du joint, laissant les extrémités du rail en porte-à-faux. On cherche à tirer parti de l'éclissage pour l'encastrement du rail, soit par l'éclisse à enveloppe, soit en donnant plus d'étendue et de régularité aux surfaces de contact des deux hanches de l'éclisse sur le rail. L'éclisse à patins chevillés à deux traverses arrête le glissement des rails. On essaie aussi des éclisses en acier. Ces perfectionnements se sont étendus aux deux systèmes de voie.

Dans la voie en rails à double champignon, l'attache à la traverse par le coussinet, le coin et la chevillette, s'est améliorée par la plus grande perfection des moyens de moulage ; mais les procédés par lesquels on avait espéré prolonger l'emploi des rails retournés, en les soutenant sous le champignon supérieur, n'ont pas répondu aux espérances qu'ils avaient fait naître, en 1852; ce système ôte au rail la résistance qu'il doit à l'encastrement. L'attache du rail Vignole aux traverses est l'objet de combinaisons ingénieuses sur lesquelles l'expérience semble se prononcer favorablement. Le procédé de M. Desbrières est en voie d'application sur près de 250 kilomètres de voie ; 564,000 bagues ont été commandées, 160,000 sont en service.

Traverses. — La traverse en chêne est de plus en plus préférée aux autres espèces de bois. Sa ténacité donne aux attaches par chevillettes ou crampons une grande solidité. Elle résiste au bourrage le plus énergique. Sa rigidité étend plus

Digitized by Google

également la pression sur le ballast et donne, en conséquence, plus de stabilité à la voie. Enfin, sa durée est bien plus longue. Avec les traverses en bois d'essence blanche, l'attache du rail est beaucoup moins résistante, le bourrage détruit les angles inférieurs du bois. La préparation cède à l'action des eaux; elles sont, en conséquence, moins durables et produisent des voies moins consistantes.

Les procédés d'injection du sulfate de cuivre par le vide et la pression de Légé, Fleury et Pyronnet et de Dorset et Blythe, en France, ceux de Steimbert et Cie, en Bavière, par immersion du sublimé corrosif, sont suivis parallèlement au procédé Boucherie, appliqué au hêtre. Mais l'oxydation rapide des chevilles dans les traverses injectées de sulfate de cuivre en réduit rapidement l'emploi; après six années, ces traverses se sont montrées pourries sur tous les points où elles étaient en contact avec le métal, fonte ou fer. Le même phénomène ne se produit pas au même degré avec les traverses en pin maritime. La créosote est toujours très-employée en Angleterre, en Belgique et en Allemagne. Le chlorure de zinc injecté sous une très-haute pression a donné de bons résultats. Le flambage (procédé Lapparent) est employé par la Compagnie d'Orléans aux traverses en chêne à titre de préservation superficielle. Enfin, la galvanisation des chevilles et tire-fonds protége les attaches du rail dans les traverses injectées de matières qui provoquent l'oxydation du fer.

CHAPITRE II.

VOIES MÉTALLIQUES. — CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE.

Voies sur supports métalliques isolés. — Voies sur traverses métalliques. — Voies en rails servant de support ou sur supports métalliques longitudinaux.

Les recherches les plus étendues sur la durée générale des rails et des traverses ont été faites en Allemagne. On s'accorde

Digitized by Google

à donner aux rails, en pays plat, une durée de dix à vingt-cinq ans, moyenne de seize ans. En France, les termes extrêmes sont plus distants. D'excellents rails sont altérés en trois années de service sur des lignes très-fatiguées. Les ingénieurs allemands attribuent huit à douze ans de durée aux rails en pays de montagne. Ils ont l'expérience du Sömmering. Quant aux traverses, ils donnent au chêne naturel quatorze à seize ans de durée; au chêne préparé, vingt à vingt-cinq ans; au sapin préparé, douze à quatorze ans; au pin et au hêtre préparés, neuf à dix ans. Ces moyennes n'ont qu'une valeur approximative, et, par conséquent, une faible influence sur le parti à prendre pour la composition de la voie. L'ingénieur se guide d'après les ressources que les forêts et les usines mettent à sa portée. Mais ce qui appelle d'urgence l'attention, c'est que le défaut d'une voie ne se montre pas instantanément par l'altération des matériaux qui la composent. Cette altération n'est pas simultanée pour ses divers éléments : elle est progressive, et la conséquence, qui est la mobilité de la voie, se montre dès que commence la période d'altération soit du rail, soit de la traverse indistinctement. A partir de ce moment, l'action réciproque des causes de mobilité donne au mal une marche de plus en plus rapide. De là l'impossibilité d'aller, pour chacun des éléments de la voie, jusqu'à la limite d'altération et d'usage. Il faut alors procéder par voie de renouvellements complets dans lesquels aucun des anciens matériaux ne peut trouver emploi. Cela explique les efforts que font les ingénieurs pour obtenir une voie homogène dans sa composition et sa durée, c'est-à-dire dont les éléments soient inaltérables dans certaines parties, telles que celle qui constitue la base d'appui sur le sol, afin que celles-ci puissent recevoir indéfiniment les rails, dont l'usure ne peut être évitée absolument. Cette voie toujours homogène, toujours rigide, gardera ces deux conditions : un rail vieux exigera son remplacement par un rail neuf, sans que le mal s'étende au delà. La seule cause de perturbation dans la marche des trains sera l'usure de la table de roulement du

Digitized by Google

rail, et cet inconvénient est au moins sans danger. Tel est le but des ingénieurs qui étudient cette question. Il faut donc en suivre les progrès avec l'attention que méritent les premiers spécimens de traverses métalliques apportés à l'Exposition de 1867.

A côté des circonstances qui encouragent les applications des traverses métalliques, il faut reconnaître que la cherté du fer d'un côté, de l'autre l'obligation d'étendre les surfaces d'appui de la voie, à mesure que le matériel roulant s'alourdit, l'intérêt d'enraciner aussi profondément que possible la base des traverses dans le ballast, sont des obstacles qui ont, jusqu'à ce jour, laissé le caractère de simples essais aux tentatives de substituer les traverses métalliques aux traverses en bois.

Il en est des traverses métalliques comme des rails en acier. Le prix est un élément de premier ordre. On recule à charger le présent d'une forte dépense, dans l'intérêt d'une durée qui, pour être plus longue, est cependant indéterminée; et, s'il se joint à cette objection quelques autres éléments d'incertitude, on préfère attendre. Mais, en attendant, les essais se multiplient, l'invention se perfectionne, et l'expérience dégage peu à peu les bonnes solutions. C'est pour cela que les spécimens de voie métallique exposés, et qui subissent en ce moment des essais assez étendus, sont intéressants à connaître.

Ils se partagent en trois classes : 1° les voies métalliques à supports isolés; 2° les voies à traverses métalliques; 3° les voies à supports métalliques longitudinaux.

Voies sur supports métalliques isolés.—L'Angleterre expose une voie à plateaux cellulaires isolés, dans le principe des cloches de Greaves employées à Suez, et en partie dans l'Inde, mais mieux entretoisées. Ce système va être essayé sur le *Metropolitan railway*, à Londres. Elle en expose un autre du même système, mais à plateaux (Griffin).

Voies sur traverses métalliques.—La traverse belge (Mari-

Digitized by Google

nelle Couillet), consistant dans un fer de forme double T, fort large, posé horizontalement, auquel sont attachés deux blocs de bois qui portent, soit le rail Vignole, soit le coussinet du rail à double champignon, est la plus simple et paraît la plus solide de toutes. Elle résiste depuis cinq ans, mais sur une partie de voie peu fatiguée. Elle manque d'arrêt de ripage et, à surface d'appui égale, son poids est considérable. La traverse française de Fraisans, système Vautherin, est essayée sur les chemins de fer de Lyon, du Nord et de l'Est, avec un succès fort encourageant. La Compagnie de Lyon en a distribué 9,000 sur ses lignes et en a commandé 20,000 pour les chemins algériens. La Compagnie du Nord en a réparti 5,000 sur divers points de son réseau, et elle en a commandé 6,000 de plus. La Compagnie de l'Est fait aussi des essais. L'importance de ces commandes indique assez l'intérêt qui s'attache à ce système de traverses métalliques. Sa largeur, $0^{m}26$, et sa longueur, $2^{m}40$, lui donnent une surface d'appui supérieure à celle des traverses en bois, de $0^{m}22$ sur $2^{m}75$. La rigidité peut être égale ou supérieure, c'est une question de forme et d'épaisseur de métal ; jusqu'à présent, elle est restée plus faible, faute d'épaisseur. La traverse peut être plus enracinée dans le sol.

La traverse métallique de Lyon, employée dans la voie ordinaire, a $2^{m}40$ de longueur. Le poids moyen est de $35^{k}036$, poids auquel l'attache du rail ajoute $4^{k}623$.

Les rails Vignole et leurs éclisses ajoutent à ce poids $74^{k}165$ dans lequel les deux rails entrent pour 72 kilogrammes. Le poids total du métal est donc, par mètre de voie, de $113^{k}824$.

La voie nouvelle de la grande ligne à rails en acier Bessemer ayant une traverse en plus et des rails de 40 kilogrammes, portera le poids total en fer, par mètre courant, à $127^{k}775$.

Il est inutile de faire ressortir l'importance de ces chiffres pour notre fabrication métallurgique.

Le nombre des traverses en bois, sous les voies, est actuel-

lement de 25 millions; leur prix varie entre 3 et 6 francs. C'est donc une valeur moyenne de 113 millions de francs, dont le renouvellement s'effectue en 10 ans. Au prix de 180 francs la tonne de fer, les traverses métalliques coûteraient 180 millions; mais l'annuité du renouvellement serait beaucoup moindre de 11 millions, et, l'altération du fer étant presque nulle, la voie garderait toute sa rigidité. Les traverses altérées pourraient être refaçonnées comme les vieux rails. Ces divers avantages font désirer que les essais soient étendus aux lignes les plus chargées de trafic, afin d'abréger la période d'expérience.

La difficulté de l'attache des rails, sur les traverses métalliques, semble évitée par le procédé adopté en dernier lieu par la Compagnie de Lyon. La forme creuse de la traverse, qui en déterminerait l'écrasement, si elle n'était pas solidement bourrée de ballast à l'intérieur préalablement au passage des machines, est un inconvénient qui disparaîtra lorsque le prix du fer permettra d'augmenter l'épaisseur du métal.

Les traverses en bois ont encore l'avantage de faire précéder par une voie posée sur le sol la première couche de ballast, et de servir ainsi au transport de celui-ci. Un autre type de traverse métallique (Langlois) est essayé, sur une faible longueur, sur une ligne française.

La Belgique expose, outre la traverse Couillet, deux autres types essayés (Fraisans, Vautherin, déjà cités) et le type Legrand et Salkin, qui présente un système d'attache très-simple des rails sur les traverses, et dont une commande importante vient d'être faite par la Compagnie du Nord (France). L'Autriche expose un seul type de traverses métalliques (Steinmann), qui n'a pas encore été essayé. Mais elle commence l'essai du système Kostlin et Battig, à supports longitudinaux, qui est exposé par le Wurtemberg et dont il sera question plus loin. Le Portugal a en essai depuis sept ans une voie à traverses métalliques (Lecrenier), dont le spécimen est exposé, et qui est l'analogue, sous beaucoup de rapports, de la

Digitized by Google

traverse de Lyon (Fraisans). Les essais se poursuivent depuis 1858.

Voies en rails servant de support ou sur supports métalliques longitudinaux. — La voie métallique composée par M. Hartwich, ingénieur en chef des chemins rhénans, est essayée depuis plusieurs années en Prusse sur 660 mètres de longueur, et elle attire beaucoup l'attention en Allemagne. Elle se compose de deux rails, forme Vignole, retenus transversalement par deux entretoises en fer. On la pose en ce moment sur 19 kilomètres (ligne de Kempen à Kalden-Kirchen) suivant le type exposé :

Longueur du rail	7^m350
Hauteur —	0^m230
Longueur du champignon	0^m039
Épaisseur du corps	0^m011
Largeur du patin	0^m124
Distance des rangs d'entretoise	1^m380
Poids du rail	40^k412
Prix du rail par tonne	277^f500
Prix de la voie par mètre	32^f700

La base du rail est d'environ la moitié de sa hauteur. (Dans le rail de la Compagnie de Lyon, ces deux dimensions sont égales.) Le patin est directement appuyé sur un sol formé en ballast de roche opposant une grande résistance. On compte sur la rigidité due à la grande hauteur du rail pour transmettre au loin la pression et la répartir ; cet effet se produira sans doute, mais dans une faible limite, sous le poids entier d'une machine. Il est plus prudent de ne lui faire aucune part et de ne considérer que la surface immédiatement comprimée. La base d'appui de la voie est, dans ce système, de 25 décimètres carrés par mètre de longueur. Comparée à la base d'appui de la voie ordinaire dont les traverses, posées à 0^m80 de distance, ayant 0^m22 de largeur sur 2^m70 de longueur, et présentant ainsi sur le sol une surface de 75 décimètres carrés par mètre courant, la voie métallique de M. Hartwich n'en offre que le

Digitized by Google

tiers : c'est pour ce motif que du ballast en roche est placé sous les rails dans deux fossés longitudinaux. Il y a là sans doute un élément de résistance. Sera-t-elle suffisante ? Sous un poids de 6,000 kilogrammes par roue motrice, la pression par chaque centimètre carré est de 4 kil. 80, ce qui est supérieur à la charge répartie sur le sol, dans les fondations ordinaires des édifices. Sous le même poids et dans la voie ordinaire, la pression sur le sol n'est que de 1k60 par centimètre carré. Les voies sur longrines, qui reposent sur ballast ordinaire et n'ont qu'une largeur de 0m30, éprouvent, sous un poids de 6,000 kilogrammes, une pression équivalente à 2 kilogrammes par centimètre carré, et elles ont toujours été moins stables que les voies sur traverses, qui offrent habituellement l'équivalent de 37 décimètres carrés par mètre linéaire de rail.

L'expérience en grand devra donc prononcer sur les incertitudes que laisse ce système sur l'efficacité de sa fondation même, sur les moyens d'écoulement des eaux, sur la fréquence du bourrage résultant du tassement, sur le défaut d'élasticité de la voie et le relâchement des rivets des assemblages, la rupture ou la flexion des entretoises en cas de déraillement, etc. En Allemagne, trois voies métalliques à supports longitudinaux ont été posées, en 1864, sur une longueur de 900 mètres chacune et sur une ligne fréquentée. Elles présentent divers modes d'assemblage d'une tête de rails à des ailes ou à des fers d'angle, composant une assiette horizontale ou trapézoïdale, et formant ainsi une longrine composée de trois éléments. Ce système est identique à celui qui a été inventé, il y a plusieurs années, par M. Charles Bergeron, ingénieur à Lauzanne ; c'est le principe du rail Barlow, mais un rail composé, ayant plus de surface d'appui et plus de pénétration dans le ballast.

Ces voies ont cela de particulier que la rivure du rail sur les ailettes ou sur les fers d'angle est continue et que les joints des trois pièces sont croisés. Elles pèsent par mètre courant 148, 150 et 177 kilogrammes. Elles sont entretoisées à deux

Digitized by Google

mètres de distance. L'essai a, dit-on, réussi. Elles ont été construites aux usines de Hoerde (Westphalie), sur les dessins de M. Schoeffler, pour le chemin du Brunswick et pour la ligne de Cologne à Minden (Hanovre).

Il convient de rappeler que, dans l'emploi qui a été fait du rail Barlow sur plusieurs centaines de kilomètres au chemin de fer du Midi, l'une des causes les plus sérieuses d'entretien était le relâchement des rivures des rails aux joints sur les selles, ainsi que le défaut de surface d'appui. Cet échec est redoutable pour les voies analogues à la précédente. La voie métallique essayée dans le Wurtemberg sur $2^{k}5$, par MM. Kostlin et Battig, et qui va l'être en Autriche, est encore un emprunt au système proposé depuis plusieurs années par M. Bergeron.

Les essais de voie métallique sur le modèle de la voie actuelle, c'est-à-dire en substituant la traverse en fer à la traverse en bois, indiquent une tendance plus marquée vers ce système que vers celui où les rails eux-mêmes forment deux longrines entretoisées entre elles. En France, en Belgique et en Portugal, on semble préférer le premier système, tandis que la Prusse, le Brunswick, le Hanovre et le Wurtemberg essayent de préférence le second. Les ingénieurs anglais qui ont posé la voie du chemin de fer de Suez à Alexandrie sur des supports métalliques isolés, rattachés par des entretoises, continuent à en placer dans quelques lignes des Indes. L'Autriche, où les bois sont abondants et à bas prix, entre à peine dans la voie des essais des voies métalliques.

En général, le prix du fer force à réduire les dimensions et, par suite, les surfaces d'appui sur le sol; et, pour cette raison, si la voie métallique en elle-même est rigide par la composition et l'assemblage des éléments qui la constituent, elle manque généralement d'assiette et de racine dans le ballast. L'abaissement du prix du fer résoudra ce dernier obstacle à la réalisation des avantages de tout genre que le métal peut offrir pour un pareil usage.

Changements et croisements de voies. — Le progrès qui s'est produit depuis 1862 dans ces appareils est manifeste ; il a suivi ceux de la métallurgie du fer. Les changements de voie sont fabriqués en fer Bessemer, en France et à l'étranger, par les usines que nous avons désignées. Il importait qu'ils offrissent une sécurité complète. Rien n'a donc été épargné pour obtenir une qualité exceptionnelle. La France, l'Allemagne et l'Angleterre ont rivalisé sous ce rapport, et c'est la fabrication des rails pour la composition des changements de voies qui a été le prélude de celle des rails pour voie courante.

Pour les croisements de voies le progrès a été plus radical encore ; l'Exposition en offre dix-sept spécimens remarquables, savoir : sept en fonte durcie (Boigues-Rambourg et C^ie^, Audincourt, France ; Veher fils, Suisse ; Königsbrunn, Wurtemberg ; Ganz-Bude, Autriche ; fonderie d'Utrecht, Pays-Bas ; Buchan, Westphalie) ; six en acier fondu (Coutant, Petin et Gaudet, Sireuil, Saint-Seurin-Imphy, France ; Bowling, Angleterre ; Bochum, Westphalie ; Dölhen, Saxe) ; cinq en acier Bessemer (Compagnie de l'Est [la pointe fixe est en fer forgé cémenté et trempé], Boigues-Rambourg et C^ie^, de Dietrich, France ; Vander Elst, Belgique ; Hoerde, Westphalie, chemin de fer du Sud, Autriche) ; un en acier puddlé (Compagnie de Lyon, France) ; un en fer cémenté (Leseigneur, France).

Parmi ces divers modes de fabrication, le choix entre les qualités est basé sur le degré de fréquentation du chemin. Il est peu de spécimens plus remarquables, à l'Exposition, des progrès de la métallurgie que ceux des croisements de voie.

Digitized by Google

SECTION III

LOCOMOTIVES

PAR M. COUCHE.

La machine locomotive a été si bien étudiée, elle est déjà si perfectionnée et si simple, elle remplit si bien, en général, les conditions variées de sa destination, qu'elle laisse dès à présent peu à désirer. Tant qu'elle sera fondée sur les mêmes principes, tant qu'elle sera une des formes de la production du travail par la combustion du charbon et de la transmission de ce travail par la vapeur d'eau, il est assez probable qu'elle ne recevra pas de modifications profondes. L'Exposition de 1867 n'a donc pas révélé de progrès saillants; mais les progrès de détail sont, au contraire, réels et nombreux.

La situation des choses, en 1862, a été exposée par M. E. Flachat, à la suite du grand concours industriel de Londres (1); son travail sera naturellement le point de départ du nôtre. Nous considérerons successivement les trois grandes divisions de la locomotive, savoir : 1° l'appareil de combustion et de vaporisation; 2° le mécanisme moteur; 3° les supports et le véhicule, dont la disposition est en rapport intime avec la nature du travail auquel la machine est destinée, et imprime essentiellement à chaque type son caractère distinctif.

(1) Rapport sur les locomotives, tome II des Rapports du Jury, pages 312 suivantes.

Digitized by Google

CHAPITRE I.

APPAREIL DE COMBUSTION ET DE VAPORISATION.

---

§ 1. — Dimensions.

Un mot d'abord sur les dimensions absolues des chaudières et sur leurs proportions.

En Angleterre, en Prusse et dans le nord de l'Allemagne, en Belgique, les chaudières conservent des dimensions moyennes. Ces dimensions correspondent à une surface de chauffe qui ne dépasse guère 120 mètres carrés; tout le système peut être installé sur trois essieux parallèles, avec un écartement admissible pour les tracés ordinaires, et le poids, qui dérive à peu près nécessairement de la surface de chauffe, n'entraîne pas de charge excessive sur ces essieux.

En France et aussi en Autriche, les chaudières atteignent parfois des dimensions beaucoup plus considérables, en rapport avec la puissance beaucoup plus grande des machines.

Pourquoi cette différence? Est-elle dans la nature des choses? Résulte-t-elle du seul fait de l'activité plus ou moins grande du trafic, exigeant nécessairement des machines d'autant plus puissantes qu'il est plus considérable? Non, car on ne voit de ces énormes machines, ni sur les chemins anglais, ni sur le réseau de Paris à la Méditerranée. Ont-elles leur raison d'être dans le profil, dans l'inclinaison des rampes? Pas davantage, car le réseau du Nord français, sur lequel l'usage de ces puissants moteurs s'est le plus répandu, n'a que des rampes très-faibles, tandis que le réseau de la Méditerranée en a de très-fortes sur plusieurs de ses lignes.

Une question aussi complexe que celle de la limite utile de la puissance des locomotives ne peut être trai-

Digitized by Google

tée à fond dans ce Rapport. Mais le fait de la coexistence prolongée de deux systèmes aussi différents, dans des conditions à peu près identiques en apparence, et avec des idées également arrêtées, absolues de part et d'autre, a trop d'importance pour que nous ne la signalions pas. Les ingénieurs chargés de l'exploitation des grandes lignes dont il s'agit ont d'ailleurs à un si haut degré l'intelligence des intérêts remis entre leurs mains, qu'on peut affirmer ceci : c'est que, s'ils n'ont pas, les uns et les autres, raison d'une manière absolue, ce qui semble tout au moins difficile, ils ont des deux côtés de très-bonnes raisons à donner à l'appui du système adopté. Ainsi, la Compagnie de Paris à la Méditerranée, qui reste fidèle aux machines de force moyenne, déclare que la locomotive à trois essieux, modérément chargés, suffit à toutes les exigences de l'énorme trafic de la ligne de Paris à Marseille; que, avec ces machines, la longueur des trains atteint, sur les lignes à faibles rampes, une limite qu'on ne peut dépasser beaucoup, sans qu'il en résulte une gêne réelle pour l'exploitation; et que, soit en palier, soit surtout en rampe, si la vitesse est réduite, un effort de traction augmenté de 40 à 50 pour 100 serait destructeur pour les attelages des véhicules. Il va sans dire, d'ailleurs, qu'on use de renforts, soit accidentellement, si la charge ou les conditions atmosphériques l'exigent, soit d'une manière normale, sur les rampes. Dans ce dernier cas, on applique le renfort en queue, ce qui a le double avantage de ménager les attelages et de conjurer radicalement le danger le plus grave sur les chemins à profil accidenté, celui d'une marche en dérive par suite de coupure de train.

Par contre, il faut reconnaître qu'un trafic très-régulier, à trains complets, utilisant sur tout le parcours la puissance de machines très-fortes, est un argument en faveur de celles-ci : telles sont, par exemple, les conditions que présente le mouvement de la houille sur le chemin de fer du Nord.

En somme, si les puissantes machines introduites sur un

certain nombre de lignes ne sont pas nécessaires, si elles soulèvent des critiques fondées, si le tempérament de l'ingénieur, le désir, louable d'ailleurs, d'innover entrent pour une grande part dans leur création, il est incontestable, d'un autre côté, que le choix d'un type de machine est un problème complexe, dans la solution duquel doivent intervenir des éléments variables d'une ligne à l'autre, et qu'un type repoussé justement sur celle-ci peut avoir sa raison d'être sur celle-là.

§ 2. — Proportion des chaudières.

Les chaudières de locomotives ont péché pendant longtemps par l'insuffisance des dimensions des foyers. La nécessité d'augmenter leur section horizontale, pour une surface de chauffe donnée, est devenue plus impérieuse encore par suite de l'emploi chaque jour plus général de la houille, qui ne peut être, comme le coke, amoncelée en couche épaisse sur la grille. Il faut donc regagner en surface ce qu'on perd en épaisseur. S'il s'agit de charbon menu, il faut pousser plus loin encore la réduction de l'épaisseur, et, par suite, l'augmentation de surface de la grille.

Les grands foyers, plongeant peu au-dessous du corps cylindrique, existent depuis longtemps en Amérique. M. Belpaire, ingénieur des chemins de fer belges, les a introduits en Europe, en les appropriant à la combustion des charbons menus demi-gras, et ils ont reçu, sous cette forme, de nombreuses applications en Belgique et sur le Nord français (1). Un autre fait a coïncidé assez généralement avec l'augmentation de largeur des foyers, c'est la réduction de la longueur des tubes, et, par suite, du corps cylindrique. La longueur des tubes n'est point absolue : elle est en relation avec leur diamètre, et elle doit être d'autant moindre

(1) Deux ingénieurs allemands, MM. Behne et Kool, revendiquent la priorité de l'application de ces grands foyers. Nous ne pouvons que mentionner leur réclamation, sans nous prononcer sur sa valeur.

Digitized by Google

que ce diamètre est plus petit. Mais l'expérience a conduit à reconnaître que, même avec un diamètre intérieur de 0m04 à 0m045, la longueur des tubes était souvent exagérée. Vers la boîte à fumée, la puissance de vaporisation d'un tube de 4m50 à 5 mètres est très-faible, de sorte que le poids et la longueur de la machine sont augmentés sans profit sensible pour sa puissance.

Les foyers peu profonds ont un précieux avantage indirect, c'est la liberté complète qu'ils laissent au constructeur pour l'installation de la chaudière sur les essieux. Le foyer *plongeant* ne peut être placé qu'en porte-à-faux, ou, au contraire, devant l'essieu d'arrière. Le foyer *non plongeant*, ou au moins à grille inclinée, comme dans beaucoup de machines anglaises ou allemandes, peut être placé aussi au-dessus de cet essieu. Il peut même être placé au-dessus des roues si leur diamètre est faible, et déborder de part et d'autre, de sorte que sa largeur est alors tout à fait indépendante de la largeur de la voie. La machine à quatre cylindres du Nord, exposée par M. Gouin, offre un exemple de cette disposition. On y remarque aussi un autre point essentiel à noter : l'addition au-dessus de la chaudière, 1° d'un sécheur, 2° d'un réchauffeur qui lui fait suite, mais qui en est séparé par un diaphragme, et dans lequel est injectée l'eau d'alimentation ; un tuyau extérieur établit la communication entre le réchauffeur et la chaudière. On espère arriver ainsi, avec des tubes très-courts (2m50) et une surface de chauffe très-inférieure à celle des premières machines à douze roues couplées (153 mètres en tout, et 118 mètres seulement, déduction faite du sécheur et du réchauffeur), à dépouiller plus complétement de leur chaleur les produits de la combustion, et obtenir, en somme, avec cette surface de chauffe très-réduite, autant de vapeur et à moins de frais. L'expérience prononcera sur la valeur de ces modifications.

Suppression de la fumée. — La combustion, ou, pour mieux

Digitized by Google

dire, la non-production de la fumée, a fait depuis quelques années de grands progrès; on peut même dire que, sous ce rapport, les machines fixes laissent souvent plus à désirer aujourd'hui que les locomotives, quoique le problème soit plus facile pour les premières, pourvu qu'on ne leur demande pas une production de vapeur exagérée. Après avoir usé pendant longtemps à l'égard des chemins de fer d'une tolérance indispensable, l'administration a réclamé, en France, l'exécution de la clause du cahier des charges qui interdit la fumée, et les Compagnies, qui avaient mis à profit le délai accordé pour l'étude de la question, se sont mises rapidement en mesure d'obéir à une injonction qui n'a plus rien d'excessif.

Tous les appareils fumivores appliqués aux locomotives ont deux points communs : une admission facultative d'air audessus du combustible, et une disposition ayant pour but d'opérer le mélange des gaz et d'augmenter leur parcours depuis la grille jusqu'à l'entrée des tubes. Les plus usités en France sont celui de M. Tenbrinck, celui de M. Bonnet, qui dérive du premier, et celui de M. Thierry. Il faut y joindre, comme complément commun, le *souffleur*, toujours indispensable et qui est lui-même souvent (c'est-à-dire avec les charbons médiocrement fumeux, à distillation lente) un appareil fumivore suffisant. C'est surtout, en effet, lorsque la fermeture du régulateur suspend l'action de l'échappement, que la fumée est abondante. Tel est le cas des machines en stationnement : si le mécanicien vient de charger son feu, ou s'il est forcé de le faire pendant un arrêt prolongé, la fumée est, faute de tirage, bien plus abondante que pendant la marche, et fort incommode pour les voyageurs, et surtout pour le voisinage. En lançant dans la cheminée un petit jet de vapeur pris directement à la chaudière, on entretient, lorsque l'échappement a cessé de fonctionner, un tirage qui atténue beaucoup la production de la fumée. Mais il faut tenir la main à ce que les mécaniciens se servent du souffleur, qui augmente un peu la consommation de charbon.

Digitized by Google

Ce petit appareil a un autre avantage, c'est d'accélérer notablement la mise en vapeur des locomotives. Dès que la vapeur a atteint une certaine tension effective, cette tension croît rapidement sous l'influence du souffleur, effet qu'on ne peut obtenir par l'action de l'échappement qu'en faisant courir la machine.

L'échappement, en marche, et le souffleur, en stationnement, sont souvent insuffisants. Le choix du système doit alors dépendre de la nature du charbon. L'appareil de M. Tenbrinck est le plus efficace, mais son application est assez coûteuse, surtout quand il s'agit de machines existantes, dont il faut couper le foyer à l'arrière. Il est donc tout simple que cette application soit limitée aux machines neuves et aux lignes qui brûlent des charbons très-fumeux. Ainsi, on ne le trouve en France que sur les réseaux de l'Est et d'Orléans, mais il y est très-répandu.

Pour les anciennes machines, l'Est emploie le système Bonnet, fondé sur le même principe, mais qui n'exige pas des modifications aussi profondes du foyer. Les lignes qui emploient des charbons plus traitables se contentent d'appareils plus simples. Tel est le réseau de Paris à la Méditerranée, qui a adopté exclusivement le tube à injection de vapeur de M. Thierry, toujours, bien entendu, avec le souffleur. Le chemin de l'Est lui-même, après une série de tâtonnements infructueux, réussit maintenant à tirer un bon parti du fumivore Thierry, et il l'a déjà appliqué à un grand nombre de machines.

Les bouilleurs ont été introduits, sous diverses formes, dans les foyers de locomotives, en vue d'augmenter la surface de chauffe directe. Ces tentatives ont eu généralement peu de succès, et on y a renoncé ; aussi le bouilleur, qui est un des éléments essentiels des appareils de MM. Tenbrinck et Bonnet, a-t-il été accueilli dans le début avec une certaine défiance. On ne tenait pas compte de sa position plus favorable, qui le met mieux à l'abri des incrustations, et du mode d'as-

semblage au moyen de tubulures douées d'une flexibilité suffisante. L'expérience, au surplus, a prononcé. Le bouilleur de la première machine qui a reçu l'appareil Tenbrinck figure à l'Exposition, et on peut s'assurer qu'il est intact, après un parcours de 259,000 kilomètres. Ajoutons que, si les longs foyers cités plus haut ne sont pas, comme on l'a dit avec une certaine exagération, fumivores par eux-mêmes, ils ont du moins l'avantage de restituer à la conduite plus ou moins intelligente du feu la part qui lui revient dans les chaudières fixes, dont les locomotives à grand foyer se rapprochent. On sait qu'un bon chauffeur de machine fixe non surmenée, peut, sinon éviter, du moins atténuer beaucoup la production de la fumée. Il en est de même dans les locomotives à grand foyer.

§ 3. — Construction des chaudières.

Les explosions de locomotives sont rares, grâce à la surveillance continuelle dont elles sont l'objet, à leur entretien soigné, à la qualité et à l'emploi judicieux des matériaux. Une tôle possédant une grande résistance à la rupture, mais aigre, est dangereuse, comme quelques accidents l'ont prouvé. Une certaine ductilité est indispensable ; le travail même du perçage des trous de rivets et du matage, souvent fait sans précaution, fait subir à la résistance des tôles aigres un déchet considérable.

Les rivures suivant les génératrices du corps cylindrique sont aujourd'hui presque toujours à deux rangs de rivets : disposition très-motivée, nécessaire même, l'effort moléculaire, rapporté à l'unité de surface, étant deux fois plus considérable suivant les génératrices que dans la section droite. Quelques constructeurs remplacent le recouvrement des feuilles par un couvre-joint. Cette disposition est à recommander : elle évite à la fois la tendance à la déformation et la production des sillons plus ou moins profonds qu'on découvre parfois, à l'intérieur des chaudières, le long des bords des feuilles en saillie.

Digitized by Google

Soudure. — Les lignes de rivure sont toujours des lignes de moindre résistance ; avec le double rang de rivets, la perte s'élève encore à 29 pour 100 de la résistance en pleine tôle. On cherche depuis quelques années, en Angleterre, à remplacer la rivure par la soudure, et on aurait, à ce qu'il paraît, réussi à rétablir ainsi la continuité, l'égalité de résistance. La machine exposée par la maison Stephenson, de Newcastle, présente un exemple de cette innovation, sur la valeur de laquelle on ne saurait encore se prononcer. On réussira sans doute, d'ailleurs, à obtenir au laminoir des anneaux continus, comme cela se fait depuis longtemps pour les bandages.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY

Emploi de la tôle d'acier fondu. — La réduction du poids des locomotives, rapporté à leur surface de chauffe, c'est-à-dire à leur puissance, est une des principales préoccupations des constructeurs, et c'est surtout en vue de cette réduction qu'on s'attache de plus en plus à employer des matériaux très-résistants. Pour les chaudières, on a cherché à réaliser cette légèreté spécifique, en multipliant beaucoup les tubes et en réduisant leur diamètre. On obtenait bien ainsi, sans accroître beaucoup le poids, une surface de chauffe considérable, mais au prix d'inconvénients graves. Le tirage était difficile, le mélange et, par suite, la combustion des gaz étaient imparfaits, et le dégagement de la vapeur était gêné par le rapprochement excessif des tubes. La tôle d'acier fondu, devenue abordable grâce au procédé Bessemer, permet aujourd'hui de réduire l'épaisseur de l'enveloppe de la chaudière, malgré l'élévation de la pression.

Cette tôle a été appliquée avec succès en Autriche. En France, les chemins d'Orléans et du Midi l'ont également adoptée, et les locomotives exposées par ces deux Compagnies ont leurs chaudières en acier fondu. Sur le Midi, toutefois, l'application a été restreinte au corps cylindrique, tandis que sur l'Orléans elle a été étendue à la boîte à feu, et même limitée parfois à celle-ci, ce qui paraît moins facile à justifier. Les surfaces

Digitized by Google

planes devant être maintenues par des entretoises, leur épaisseur ne peut s'abaisser au-dessous d'une certaine limite, indépendante de la résistance du métal; les entretoises en cuivre taraudées doivent, en effet, être engagées dans les plaques par un nombre suffisant de filets. D'un autre côté, si l'équarrissage d'un solide, travaillant seulement par traction, comme cela a lieu pour le corps cylindrique, peut être réduit dans le rapport inverse de la résistance élémentaire, il n'en est pas de même d'un solide plan, et qui dès lors fléchit.

Les essais de foyers en tôle d'acier fondu faits sur les lignes de l'Est et de Lyon ont donné des résultats médiocres. Ici encore, au surplus, c'est de faces planes qu'il s'agit. Même en restreignant l'application de cette tôle au corps cylindrique, la Compagnie du Midi a réduit à 30,500 kilogrammes le poids de son type exposé, à six roues couplées, dont la surface de chauffe est de $145^{mq}60$. C'est seulement 209 kilogrammes par mètre carré. Il est vrai que la longueur des tubes est considérable ($4^{m}46$), ce qui réduit l'efficacité d'une partie de la surface de chauffe. C'est la considération de la répartition du poids sur les essieux qui a conduit à adopter cette grande longueur.

§ 4. — Consolidation des faces planes.

Les armatures intérieures des chaudières présentent des améliorations dignes d'être mentionnées.

Entretoises du foyer. — Ces entretoises se rompent souvent, surtout vers la partie supérieure du foyer, par suite des différences de dilatation et de contraction des deux faces parallèles qu'elles relient. Ces ruptures, très-difficiles à constater directement, sans descendre le foyer, sont dangereuses si elles affectent plusieurs entretoises voisines. En les perçant d'un trou longitudinal, la rupture est immédiatement décelée par le jet d'eau et de vapeur auquel ce trou donne issue. La perforation peut être totale, comme sur le chemin de Paris à

Digitized by Google

la Méditerranée, ou partielle, comme sur le chemin d'Orléans. Dans le premier cas, le trou ne peut rester entièrement libre, car chaque entretoise donnerait une injection d'air dans le foyer. L'ouverture doit donc être bouchée, et elle peut l'être, ou du côté de la boîte à feu, ou du côté du foyer. Si une rupture se produit, le jet d'eau et de vapeur est dirigé alors, ou à l'extérieur, ou dans le foyer ; c'est le second mode qui a été adopté au chemin de fer de Lyon.

Dans le second cas, la perforation ne s'étend qu'à une certaine distance de chacune des deux plaques ; la partie intermédiaire de l'entretoise reste alors pleine, ce qui a peu d'inconvénient, la rupture se faisant presque toujours près des plaques. La perforation du côté extérieur suffirait même à la rigueur, car c'est presque toujours vers la boîte à feu et non vers le foyer que le cisaillement de l'entretoise a lieu. Il y a toutefois des exemples d'entretoises rompues au milieu, de sorte que la disposition adoptée sur le chemin de Lyon paraît la meilleure.

L'initiative de cette solution ingénieuse, qui donne à la sécurité des garanties réelles, appartient au *London and South Western*. La plupart des chemins de fer français et plusieurs chemins allemands se sont empressés de l'appliquer.

Armatures du ciel du foyer. — Le ciel du foyer n'est pas dans les mêmes conditions que ses faces verticales. La face opposée de l'enveloppe extérieure est cylindrique, de sorte que l'armature, au moyen de tirants, n'est plus guère applicable, ou du moins elle ne l'est que partiellement, et surtout à la partie moyenne du ciel qui correspond à la partie à peu près horizontale du berceau cylindrique extérieur. Il en résulte que le ciel est suspendu à une série d'armatures qui reportent la charge sur deux des parois verticales, roidies par les entretoises qui les relient aux faces parallèles de la boîte à feu, et par les tubes, pour la partie supérieure de la plaque tubulaire.

M. Krauss, dans sa machine dont il sera question plus loin,

Digitized

a combiné les deux modes : les tirants, pour la région moyenne ; les armatures, à droite et à gauche. C'est toujours la réduction du poids qu'il avait en vue. Généralement, les armatures existent dans toute l'étendue du ciel ; seulement on relie souvent au berceau extérieur celles du milieu, pour soulager d'autant les parois verticales.

Ces armatures sont généralement placées suivant la longueur de la chaudière. Lorsque la forme de la grille se rapproche du carré, cela n'a pas d'inconvénient ; mais, quand la longueur du foyer excède beaucoup sa largeur (et il en est de plus en plus ainsi), la charge est reportée sur les deux faces de moindre développement, ce qui a, entre autres inconvénients, celui de déformer les trous de la plaque tubulaire, qui s'ovalisent sensiblement. On est donc conduit, comme les Américains le font, du reste, depuis longtemps, à placer les armatures en travers.

La maison Cail a eu l'heureuse idée de les prolonger, en leur donnant pour point d'appui des consoles rivées sur les faces internes de l'enveloppe extérieure. Les parois du foyer sont ainsi soustraites à la charge énorme du ciel, ou du moins leur charge et l'affaissement qu'elle peut produire sont assez limités, pour que tout danger disparaisse. On remarque cette disposition dans les locomotives à huit roues couplées, du chemin de fer du Midi, et dans la machine à tender-moteur, construite par l'usine de Graffenstadt, pour le chemin de fer de l'Est.

M. Pétiet, dans les machines à huit et à douze roues couplées du chemin de fer du Nord, a placé le ciel du foyer dans les mêmes conditions que ses faces verticales ; la boîte à feu est un parallélipipède, de sorte que les deux faces horizontales sont, comme les autres, reliées par des entretoises.

Alimentation. — L'emploi de l'injecteur Giffard se généralise de plus en plus. Ce précieux appareil a été accueilli d'abord avec peu de faveur sur plusieurs chemins allemands, sur lesquels on était habitué à marcher avec l'eau du tender

Digitized by Google

presque bouillante. On sait que l'injecteur ne permet guère de porter l'eau alimentaire à plus de 35°, parce que, au delà, la condensation de la vapeur, qui est le point de départ de l'effet de projection de l'eau aspirée, s'opère mal. Mais les ingénieurs allemands n'ont pas tardé à reconnaître que l'inconvénient d'alimenter avec de l'eau moins chaude ne peut être mis en balance avec les avantages du jeu si sûr, si régulier, de l'injecteur, tandis que le dérangement des pompes entre pour une grande part dans les détresses des trains. Les pompes ne sont cependant pas abandonnées complétement. Sur le réseau d'Orléans, par exemple, si la supériorité évidente de l'injecteur pour l'alimentation en stationnement n'est pas contestée, on regarde la pompe comme mieux appropriée à l'alimentation en marche, qui se fait sur ce réseau d'une manière continue, et, dès lors, par un jet très-faible, mode d'action auquel l'injecteur se prête mal. Chaque machine reçoit, en conséquence, une pompe et un injecteur.

Dômes. — L'emploi des dômes de vapeur était général autrefois. On supposait que la vapeur, puisée à une certaine hauteur au-dessus de l'eau, serait plus sèche. Plus tard, l'efficacité de cet expédient a été contestée, et on a cherché à atteindre le but en augmentant le volume occupé dans la chaudière par la vapeur. Depuis, tout en reconnaissant l'influence incontestable de cet accroissement de volume, on a reconnu aussi qu'il ne suffisait pas, et on est revenu généralement aux dômes, quoique quelques ingénieurs persistent à nier leur efficacité.

§ 4. — Puissance de vaporisation. Utilisation des chaudières.

Si on considère deux locomotives ayant des chaudières et des cylindres identiques, différant seulement par le diamètre des roues motrices et par le nombre des roues couplées, et donnant le même nombre de coups de piston dans l'unité de temps, la vaporisation et, par suite, le travail mécanique dis-

Digitized by Google

ponible sur les roues motrices devront aussi être identiques de part et d'autre. Les vitesses de translation seront proportionnelles aux diamètres de ces roues, et les efforts de traction seront en raison inverse de ces vitesses. A l'appui d'une inégalité dans la vaporisation et dans le travail, on ne pourrait invoquer que l'influence directe du mouvement de translation sur l'*embarquement* de l'air. Mais cette influence est tout à fait négligeable, en présence de l'action si énergique qui produit le tirage dans les machines locomotives, c'est-à-dire de l'action de l'échappement.

Les divers types de machines ne réalisent pas tout à fait dans la pratique la condition absolue que nous avons admise, celle de la proportionnalité des vitesses habituelles aux diamètres des roues. Mais il n'en est pas moins vrai que la puissance de vaporisation du mètre carré de surface de chauffe doit être sensiblement indépendante de la vitesse, dans les limites entre lesquelles celle-ci varie en pratique, et que rien ne justifie une utilisation très-inégale de cette surface dans les machines à grande vitesse et dans les machines à petite vitesse. Cette inégalité a cependant existé pendant fort longtemps, et, quoique atténuée, elle existe encore aujourd'hui. Le mètre carré produit plus et parfois beaucoup plus de vapeur dans les machines qui remorquent les *express*, que dans celles qui remorquent les trains de marchandises.

Cet état de choses a été, sur le chemin de Paris à la Méditerranée, l'objet d'une discussion approfondie, à la suite de laquelle le principe de l'égalité de puissance de vaporisation a été posé résolûment, et fixé comme règle absolue au personnel de la traction. Les charges des trains de marchandises ont été déterminées, en conséquence, sur toutes les sections du réseau, en tenant compte, rationnellement, des courbes et des rampes, et compensant sur celles-ci le surcroît d'effort de traction, par la réduction de vitesse, la constance du travail étant toujours admise comme point de départ invariable. On a réussi ainsi à augmenter de plus de 35 pour 100

Digitized by Google

la charge des trains de marchandises, et, par suite, à suffire aux exigences toujours croissantes du trafic, sans accroître l'effectif des machines.

Un tel résultat fait le plus grand honneur à M. l'ingénieur Deloy, à qui a été confiée la double tâche de faire le travail, qui a nécessité de très-longs calculs, et d'en poursuivre l'application. Cette application, qui froissait tant d'habitudes contractées de longue date par un nombreux personnel, s'est faite sans difficulté, sans soulever de réclamations, tant on comprenait que le point de départ était juste, et que ses conséquences avaient été logiquement déduites.

CHAPITRE II.

MÉCANISME ET DISTRIBUTION.

Nous serons bref sur ce sujet, qui présente peu de dispositions nouvelles.

§ 1. — Dimensions des cylindres.

Mentionnons d'abord les dimensions plus judicieuses qu'on a données aux cylindres, dont le volume était souvent exagéré. Plusieurs chaudières ont pu être allongées sans changer les cylindres. Ajoutons d'ailleurs que la réduction du volume des cylindres est, dans certaines limites, la conséquence naturelle de l'élévation du timbre des chaudières.

Sans entrer ici dans des détails qui sont surtout du ressort de la métallurgie, nous ne pouvons nous dispenser de signaler les beaux cylindres de locomotive en acier fondu, coulés d'une seule pièce, à Bochum. C'est une des applications les plus remarquables de ce produit, qui joue, dès à présent, un si grand rôle dans le matériel des chemins de fer.

Rien de nouveau dans le mode de distribution. La production de la détente par une valve spéciale a presque entièrement disparu. La détente de M. Meyer est encore appliquée en Ba-

vière, où elle a été fort en faveur, mais on commence à reconnaître que cette complication n'est pas rachetée par une économie notable de combustible. La coulisse de Stephenson est toujours la plus répandue. La coulisse retournée de Gooch, qui donne des avances constantes, lui est cependant préférée, lorsque la longueur des entre-axes permet de ne pas trop réduire la longueur des barres d'excentriques. La distribution connue en Angleterre sous le nom d'Allan, et en Allemagne sous celui de Trick, et qui réalise, comme celle de Gooch, la constance des avances avec une coulisse rectiligne, reçoit des applications assez nombreuses en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et en France (chemin d'Orléans). Enfin, quelques constructeurs belges appliquent à leurs machines la distribution de M. Walschaert, caractérisée par l'existence d'une seule poulie d'excentrique pour les deux marches, faisant osciller une coulisse retournée comme celle de Gooch, et donnant comme elle et comme celle d'Allan, des avances constantes. Mais le mécanisme présente une certaine complication qui n'est rachetée par aucun avantage notable. Aussi cette distribution, essayée il y a plusieurs années, sur le Nord français, n'a-t-elle pu supplanter la coulisse ordinaire, commandée par deux excentriques.

§ 2. — Changement de marche à vis.

Parmi les progrès réalisés dans ces derniers temps, un des plus féconds en conséquences utiles est la substitution de la vis au levier avec secteur à encoches, pour la variation de la détente et le renversement de la vapeur. Cette substitution, d'origine anglaise, facilite beaucoup la manœuvre du tiroir; elle permet au mécanicien de saisir le point précis le plus favorable à une marche économique, en procédant par déplacements pour ainsi dire infiniment petits. Elle rend le renversement de la vapeur bien plus facile et bien plus sûr et, en même temps bien plus prompt, le mécanicien pouvant déplacer le tiroir sous

Digitized by Google

pression et étant dispensé de fermer le régulateur avant le renversement de la marche, pour le rouvrir après.

§ 3. — Emploi de la contre-vapeur comme frein.

L'application d'un frein aux machines locomotives est une des mesures de sûreté les plus utiles, et on peut s'étonner à bon droit qu'elle ait été négligée pendant si longtemps. On se contentait, et on se contente trop souvent encore, d'appliquer un frein au tender; mais la position du mécanicien, si bien placé pour juger de l'opportunité de l'arrêt, et pour agir sans perte de temps, et la masse considérable de la machine, doivent conduire à munir celle-ci d'un frein, non pas seulement au même titre qu'un autre véhicule, mais même de préférence à tout autre.

Il y a quelques années seulement que le chemin de fer du Nord a appliqué des freins à ses machines Crampton; les sabots agissent sur les roues. Après avoir essayé du frein à vapeur, on est revenu au frein à main. Sur les profils ordinaires, le frein du tender peut rester l'appareil courant, usuel; celui de la machine n'est alors qu'un *en cas;* construit très-simplement et agissant rapidement, il peut prévenir ou atténuer une collision. A la descente des pentes très-fortes, l'intervention prolongée du frein de la machine peut être très-utile, ou même indispensable.

On sait depuis longtemps que la locomotive possède en elle-même un moyen d'arrêt très-énergique : le renversement de la vapeur, qui peut être utilisé, soit pour obtenir un arrêt très-prompt, soit pour modérer la vitesse sur les pentes. En fait, cependant, les mécaniciens ne s'en servaient pas dans le second cas, et, dans le premier, ils ne l'employaient qu'à leur corps défendant, et seulement en présence d'un danger soudain.

Lorsque le mécanicien cherche à renverser rapidement la marche, dans une machine lancée à grande vitesse, la manœuvre du levier est difficile, incertaine, dangereuse même; le levier, entraîné par le mécanisme, échappe parfois au mécani-

cien et vient le frapper violemment. D'un autre côté, la double manœuvre du régulateur exige plusieurs secondes, de sorte que le renversement de la vapeur, même opéré avec toute la promptitude possible, est beaucoup moins expéditif qu'on ne le suppose souvent.

La substitution de la vis au levier a fait disparaître ces inconvénients; mais la contre-vapeur en présente d'autres, qui n'ont pas le temps de se produire quand il s'agit d'arrêter rapidement, mais qui deviennent intolérables, et constituent une véritable impossibilité, si l'action doit se prolonger, comme c'est le cas, à la descente d'une très-longue rampe.

La limite de la force retardatrice, qu'on peut obtenir par ce moyen, comme par les freins ordinaires, est évidemment le frottement sur les rails, des roues motrices et des roues couplées avec elles. La rotation de ces roues en sens inverse de la translation serait, pour la résistance au mouvement du train et dans l'hypothèse de la constance du coefficient du frottement, l'équivalent du calage; mais il importe de ne pas aller jusque-là, pour éviter le glissement des roues; elles doivent donc continuer de tourner dans le sens de la translation, de sorte que la marche des tiroirs est seule renversée, celle des pistons restant la même.

Dans cette situation, les inconvénients suivants surgissent : 1° aspiration par les pistons de l'atmosphère mixte de la boîte à fumée, atmosphère à une haute température, et mêlée de cendres, de fragments de combustible, etc.: 2° échauffement bientôt énorme des cylindres, pistons et tiroirs, par suite surtout de la chaleur que dégage la compression de ces gaz brusquement comprimés par la vapeur de la chaudière, au moment de l'ouverture des lumières d'admission; 3° élévation rapide de la pression dans la chaudière, par suite du refoulement des gaz aspirés par les cylindres.

Ces inconvénients disparaissent, grâce à une disposition due à MM. les ingénieurs Lechatelier et Ricour. On évite : 1° l'aspiration et le refoulement de l'air, en isolant le piston de l'at-

Digitized by Google

mosphère au moyen d'une injection de vapeur dans le tuyau d'échappement; 2° l'élévation excessive de la pression dans la chaudière, et, l'échauffement des cylindres, tant par l'élimination de l'air que par l'addition, à la vapeur injectée, d'une proportion convenable d'eau, qui se vaporise. Les effets de cette ingénieuse disposition, appliquée pour la première fois sur les fortes rampes du Guadarrama (Nord de l'Espagne) ont été analysés avec beaucoup de soin dans un mémoire de M. Ricour (1). La plupart des chemins de fer qui ont des lignes à profil accidenté ont mis la question à l'étude, en prenant pour base cet intéressant travail. On rencontre, il est vrai, quelques difficultés ; on ne réussit pas toujours à contenir dans les limites convenables l'élévation de la température, qui est d'ailleurs dans la nature des choses, puisque la fonction de la machine est alors de transformer en chaleur une partie du travail dépensé par la gravité sur le train ; de là des garnitures brûlées et des excès de pression que les soupapes sont impuissantes à prévenir ; mais ces inconvénients ne sont pas inhérents au principe. Ils tiennent à l'inexpérience des mécaniciens, et surtout à ce que les admissions d'eau et de vapeur sont ordinairement solidaires, suivant la disposition adoptée sur le Nord de l'Espagne. Il importe, au contraire, que ces admissions soient indépendantes, afin de permettre au mécanicien de forcer, au besoin, la dose d'eau. C'est grâce à ce perfectionnement qui n'est pas d'ailleurs une complication, grâce aussi à l'organisation, par MM. les ingénieurs Marié et Deloy, d'une surveillance étroite sur les mécaniciens, qu'on a réussi, sur le réseau de Lyon, à éviter les mécomptes éprouvés sur d'autres lignes. La contre-vapeur fonctionne sur toutes les sections à fortes pentes du réseau ; 35 machines sont pourvues de l'appareil, et 6 depuis plus de six mois. Il ne s'agit donc plus d'une expérience, mais bien d'une application régulière, et dont les résultats sont très-satisfaisants.

(1) *Annales des Mines*, t. x (6e série), 1866, p. 141, 142.

M. Zeh, ingénieur autrichien, a appppliqué aux locomotives, il y a plusieurs années, un moyen d'arrêt consistant simplement dans la fermeture d'une valve placée dans l'échappement. Cet expédient, quoiqu'il échappe aux principaux inconvénients de la contre-vapeur pure et simple, s'est peu répandu. Il ne peut d'ailleurs soutenir la comparaison avec la contre-vapeur débarrassée de ses inconvénients.

M. Debergue a imaginé et réalisé une disposition qui n'est pas sans analogie avec la contre-vapeur perfectionnée. Dans celle-ci, les pistons oscillent dans la vapeur mélangée d'eau qu'ils reçoivent de la chaudière, et qu'ils lui renvoient. Dans le frein Debergue, les pistons se meuvent uniquement dans l'air, puisé dans l'atmosphère, au moyen d'un tube spécial, et ils le refoulent dans un récipient installé sur la chaudière, et muni de soupapes. Ce système, moins simple que la contre-vapeur, a été l'objet d'expériences suivies, sur la rampe de 0^m035 du chemin de fer de Paris à Saint-Germain; et le chemin de fer du Nord l'applique avec succès sur la rampe de 0^m045 de l'embranchement d'Enghien à Montmorency.

§ 4. — Tiroirs.

Les ingénieurs s'accordent de plus en plus à reconnaître que la simplicité est une condition essentielle d'une bonne locomotive. Les organes qui n'ont pas une fonction nécessaire, qui ne procurent, au prix d'une complication certaine, qu'une économie douteuse, disparaissent peu à peu. Ainsi les dispositions ayant pour but de diminuer le travail résistant des tiroirs, soit en réduisant la pression à laquelle ils sont soumis, soit en éliminant le glissement, n'ont plus que de rares partisans. Le second expédient se retrouve cependant dans la machine américaine de M. Grant. Les tiroirs se meuvent sur des rouleaux de friction en acier, placés en retraite autour de la platine. Si les énormes dimensions des tiroirs expliquent une tentative de ce genre, il est difficile de croire à son efficacité.

Digitized by Google

Comment éviter, ou la portée des tiroirs sur la platine, ou des fuites, s'ils ne portent réellement que sur les rouleaux ?

§ 5. — Emploi de l'acier.

Il est presque inutile de dire que l'application de l'acier fondu aux pièces du mécanisme devient de plus en plus générale. La réduction des équarrissages de ces pièces est importante à deux points de vue : 1° La diminution du poids total ; 2° surtout la réduction des actions perturbatrices, et par suite celle des masses équilibrantes. On sait que l'initiative de cette application de l'acier appartient à la maison Börsig de Berlin. Qui ne se rappelle le sentiment de surprise et presque de défiance, qu'excitait, il y a une douzaine d'années, la vue de ces pièces si grêles? C'est que, à cette époque, et même bien auparavant, M. Börsig apportait dans le choix de ses matériaux ce soin scrupuleux qui a tant contribué à la juste renommée de ses ateliers; renommée répandue par 2,077 locomotives, livrées à l'Allemagne, à la Russie, et représentées à l'Exposition par la machine à quatre roues couplées que d'autres égalent peut-être, mais qu'aucune assurément ne surpasse.

Quelques grands ateliers, le Creusot en France, le *London and North Western* en Angleterre, produisent eux-mêmes une grande partie des métaux qu'ils mettent en œuvre. Nul n'a été plus avant dans cette voie, que M. Börsig. Pièces de forge, tôles, fontes, acier même (sauf les bandages), tout sort de ses usines de Berlin, de Moabit et de Biscupitz (haute Silésie). Ce dernier groupe comprend, avec de hauts fourneaux, dont le nombre va être porté à six, d'importantes exploitations de houille et de minerais de fer ; on y installe une aciérie Bessemer.

Une telle concentration n'est pas à la portée de tout le monde. Elle n'est heureusement pas indispensable pour la bonté des produits ; mais le constructeur qui produit lui-même ses matières premières, qui dirige leur fabrication en vue d'applica-

Digitized by Google

tions déterminées, est plus sûr des matériaux qu'il emploie, il connaît mieux leurs qualités et leurs côtés faibles, et fait mieux la part des uns et des autres. Cette double situation de producteur et de constructeur entre certainement pour une grande part dans la hardiesse apparente avec laquelle M. Börsig a réduit de longue date les équarrissages des pièces de ses machines, comme dans l'uniformité classique de chacun de ses divers types, et l'invariabilité de leurs qualités.

Aujourd'hui, au surplus, la plupart des constructeurs de locomotives, quoique forcés de demander aux industries spéciales les matériaux qu'ils mettent en œuvre, se trouvent, par le fait, dans des conditions analogues. La fabrication des grosses pièces de forge, celle des pièces de moulage, des tôles, des aciers, sont concentrées dans un nombre restreint d'établissements importants, qui ne peuvent prospérer et même vivre qu'à la condition de bien faire. Leurs produits sont connus, et les constructeurs savent les mettre en œuvre et les placer dans les conditions qui leur conviennent. Si, par exemple, on a vu, il y a peu de temps encore, des chaudières de locomotives faire explosion, quoique neuves encore, en excellent état d'entretien, sans qu'aucune faute pût être imputée au mécanicien, uniquement enfin, par suite de la mauvaise qualité de la tôle, on peut presque affirmer que ces faits ne se reproduiront pas.

CHAPITRE III.

SUPPORTS ET VÉHICULES.

Aujourd'hui, comme autrefois, les cylindres sont tantôt intérieurs, tantôt extérieurs aux roues. La seconde position est cependant la plus ordinaire. Il y a, d'ailleurs, une certaine dépendance, quoique non absolue, entre la position des cylindres, d'une part, et, de l'autre, celle du châssis et l'existence ou

Digitized by Google

l'absence de l'accouplement. Les cylindres extérieurs, combinés avec le châssis également extérieur, exigent des manivelles rapportées aux extrémités de l'essieu moteur et de l'essieu ou des essieux accouplés. Si les roues d'avant sont accouplées, l'écartement considérable des cylindres entraîne comme conséquence une grande largeur de la machine. En France et en Angleterre, la faible largeur de l'entre-voie et des accottements exclut cette disposition. Elle est au contraire fréquente en Allemagne, où la largeur de la plate-forme a été fixée avec moins de parcimonie.

La largeur de ce type de machine peut d'ailleurs être réduite en recourant à un artifice ingénieux imaginé par M. Hall, et qui consiste à prendre pour fusée non l'essieu lui-même, mais la douille de calage de la manivelle. On obtient ainsi, tout à la fois, une réduction de largeur de la machine et une grande longueur d'emmanchement de la manivelle, au prix, il est vrai, d'un léger inconvénient, l'augmentation du diamètre de la fusée. Cette disposition est très en faveur au delà du Rhin. Il est facile de s'en convaincre, car on la trouve dans la plupart des machines exposées par les constructeurs allemands.

Ordinairement extérieur en Allemagne, intérieur en France, le châssis peut aussi être mixte ou, pour mieux dire, double. Cette disposition est fréquente en Angleterre dans les machines à roues libres : l'essieu moteur est chargé par le longeron intérieur, et les roues portantes par le longeron extérieur. On réunit ainsi les avantages des deux systèmes, c'est-à-dire : 1° la large base élastique des longerons extérieurs et le moindre diamètre des fusées; 2° le moindre écartement des cylindres et l'action plus immédiate de la bielle motrice, qui résultent des longerons intérieurs; de plus, le double longeron est favorable à l'installation simple et solide des cylindres.

Les machines des types Crampton et Buddicom sont, jusqu'à présent, en France, à peu près les seules machines à châssis double. Mais divers motifs, en dehors des avantages indiqués, peuvent conduire à ajouter au longeron intérieur

Digitized by Google

complet, un longeron extérieur partiel. Tel est le cas de la machine *Dalembert*, exposée par la Compagnie de Lyon; elle offre un exemple instructif : celui d'un type déjà ancien, dont les proportions et la répartition étaient défectueuses, qu'il était difficile d'utiliser, et dont une dépense, relativement faible, a corrigé tous les défauts.

La surface de chauffe était trop faible; dans la machine garnie, la charge sur rails était de 11 tonnes pour les deux premiers essieux qui sont couplés, et de 4 tonnes six dixièmes seulement pour l'essieu d'arrière, placé derrière le foyer. Le corps cylindrique a été allongé de 0m75, sans rien changer, ni au mécanisme, ni à la position des essieux. Le foyer est venu ainsi se placer au-dessus de l'essieu d'arrière, dont la charge s'est accrue par suite de sa moindre distance au centre de gravité, non-seulement de tout l'excédant de poids, mais aussi d'un faible contingent de la charge des essieux antérieurs. On a ainsi 10 tonnes neuf dixièmes sur chacun des essieux moteurs et 6 tonnes huit dixièmes sur l'essieu d'arrière. Mais la situation de cet essieu sous la boîte à feu a conduit à le remplacer par un autre à fusées extérieures, et à le charger au moyen du petit longeron additionnel cité plus haut, solidement relié au longeron intérieur.

Nombre des essieux. — Le nombre des essieux n'est pas donné *à priori;* il résulte de deux éléments : 1° la puissance de la machine d'où dérive son poids au moins approximativement; 2° la limite fixée pour la charge par paire de roues, dans l'intérêt de la voie et des bandages. Les machines n'ont eu, pendant longtemps, que quatre ou six roues, du moins celles à essieux invariablement parallèles, les seules que nous envisagions en ce moment. Nous avons déjà dit que plusieurs grandes compagnies ne jugent pas utile de dépasser ce nombre, tandis que d'autres le portent à huit, à dix et même à douze.

Les machines à quatre roues étaient depuis longtemps à peu près abandonnées, si ce n'est sur les lignes purement

Digitized by Google

industrielles ; le poids d'une machine de puissance moyenne excédait, en effet, la charge de deux essieux; on craignait d'ailleurs, un peu plus que de raison, la position du foyer en porte-à-faux ; enfin, en France, l'accident du 8 mai, causé par une machine à quatre roues, avait jeté sur ce type un discrédit qui a pesé pendant longtemps sur lui. Et comme, à la suite de cette catastrophe, l'administration avait provisoirement interdit, aux environs de Paris, l'emploi de ces machines pour la traction des voyageurs, les constructeurs crurent pendant longtemps que cette interdiction était générale et définitive.

La machine à quatre roues s'est relevée peu à peu des préventions dont elle était l'objet. Les constructeurs comprennent aujourd'hui que ce type a son rôle marqué dans le réseau général ; qu'il est le plus simple, le plus économique, le mieux approprié à la circulation dans les courbes roides; que, en un mot, il est parfaitement illogique de mettre six roues, lorsque quatre suffisent. On s'est donc attaché à construire des machines à quatre roues, capables de remorquer des charges suffisantes sur de faibles rampes ; quant aux fortes rampes, l'addition en queue d'une machine semblable, résout souvent le problème; solution qu'on peut sans doute critiquer, discuter dans chaque cas donné, mais qu'on ne peut certainement rejeter d'une manière absolue, et qui présente, on l'a déjà dit, des garanties de sécurité qu'il est impossible de méconnaître. Cette réapparition d'un type longtemps délaissé et dont les lignes secondaires tireront certainement un grand parti, est un des traits importants de l'Exposition, d'autant plus que ce type renaît avec tous les perfectionnements récents qu'il comporte, et, ce qui les résume presque tous, avec une puissance considérablement accrue et, par suite, avec un champ d'application plus vaste.

La machine exposée par M. Krauss, de Munich, est la plus remarquable de cette catégorie.

Voici ses principales dimensions :

Piston	Diamètre	$0^m,355$	
	Course	0 560	
Diamètre des 4 roues couplées		1 50	
Surface de chauffe	Foyer.. 4^m 644	80 114	
	Tube.. 75 47		
Poids à vide		16,300	kil.
Eau dans la chaudière		3,116	—
— bâche		2,420	—
Poids, garnie		21,800	kil.
Pression dans la chaudière (atmosphères effectives)		9	

Le fait saillant qui ressort de ces chiffres est la légèreté spécifique de la machine qui, vide, pèse seulement 204 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Établir 80 mètres carrés de surface de chauffe sur deux essieux chargés de moins de 11 tonnes, est un beau résultat, surtout si l'on considère que cette charge comprend un petit approvisionnement de 2 tonnes quatre dixièmes d'eau ; ce qui permet à la machine de fonctionner, pour un service de gare ou pour de courts trajets, comme machine-tender. M. Krauss a obtenu ce résultat en discutant et simplifiant toutes les formes, en faisant à l'acier une large part, et en formant le bâti d'une véritable poutre creuse, à la fois légère et rigide, et dont la capacité, comprise entre les essieux, forme la bâche à eau.

La chaudière est, comme à l'ordinaire, fixée au bâti, à l'avant, d'une manière invariable. Pour obtenir à l'arrière une liaison solide, mais qui se prête aux mouvements dus aux variations de température, tout en évitant de faire glisser la chaudière sur ses supports, le constructeur la fait reposer devant et derrière la boîte à feu, sur deux supports placés de champ, fixés par leurs extrémités au bâti et par leur milieu aux parois de la boîte à feu. Il y a donc solidarité, mais, en même temps, liberté suffisante dans le sens longitudinal, par suite de l'élasticité de ces supports. Le remplacement de la

Digitized by Google

chaudière peut se faire dans un temps très-court, considération qui a une importance réelle, au point de vue économique. Cette machine a obtenu une récompense d'un ordre élevé; elle se recommande, en effet, par un ensemble de détails ingénieux, qui portent le cachet d'une saine et judicieuse critique.

La locomotive à quatre roues, également couplées, construite par l'usine de Graffenstadt, pour le chemin Badois, a 91 mètres carrés de surface de chauffe. Elle pèse vide 23,000 kilogrammes, soit 252 kilogrammes par mètre de surface de chauffe, et, garnie, 26,000 kilogrammes, soit 13 tonnes par essieu, chiffre considérable, mais admissible à la rigueur pour des machines à vitesse modérée. L'effort de traction est de 4,176 kilogrammes et l'adhérence de 4,300 kilogrammes. La machine ne porte pas d'approvisionnement et doit, par suite, être toujours accompagnée de son tender.

La société de Couillet construit pour le service des gares, des usines et des charbonnages, des machines-tender à quatre roues qui ont 62m906 de surface de chauffe et qui pèsent vides 19,050 kilogrammes, soit 304 kilogrammes par mètre superficiel de chauffe, et garnies, 23 tonnes, soit 11,500 kilogrammes par paire de roues. Le caractère essentiel de ces machines, qui sont à cylindres intérieurs et à châssis extérieurs, est l'emploi d'un arbre coudé ou faux-essieu, qui reçoit le mouvement des pistons et le transmet aux deux essieux au moyen de manivelles extérieures et de bielles.

Cet emploi d'un faux essieu n'est pas nouveau. M. Crampton l'avait appliqué, il y a près de vingt ans, à des machines à grande vitesse. Il conciliait ainsi la position des roues motrices à l'arrière de la chaudière, position qui est le trait saillant de son système, avec les cylindres intérieurs; de plus, alors, comme aujourd'hui, le but était de placer le mécanisme dans les conditions des machines fixes, dont l'arbre moteur est, comme les cylindres, lié au bâti d'une manière absolument invariable. Mais cette complication, abandonnée pour les machines à grande vitesse, ne paraît pas plus motivée pour les

autres. La facilité de l'entretien est sans doute très-essentielle pour des machines qui, comme celle des charbonnages, ne sont pas toujours confiées à des mains très-habiles et très-soigneuses. Mais si le faux essieu a de bons effets, il a aussi l'inconvénient grave de compliquer une machine qui, plus que tout autre, a besoin d'être simple. La position des organes de distribution à l'intérieur semble aussi peu d'accord avec le principe de la facilité de l'entretien et du graissage. La machine est pourvue d'un frein à patins analogue au frein Laignel, manœuvré au moyen d'une vis; la charge reportée sur les patins peut atteindre les deux tiers du poids total, l'autre tiers étant supporté par les roues d'avant; de sorte que la stabilité n'est jamais compromise.

Machines à six roues libres. — La machine à six roues libres, à grandes roues motrices au milieu, est encore la plus usitée pour les trains de grande vitesse. Le type Crampton, à roues motrices à l'arrière, toujours affecté, avec succès, au service des trains rapides, sur trois des grands réseaux français (Paris-Méditerranée, Est et Nord), n'a pu trouver grâce devant les ingénieurs anglais. Ils lui reprochent, non sans quelque raison, de manquer de charge sur les roues motrices, et, par suite, d'être lent au démarrage, défaut qu'on peut atténuer, même après coup, comme on l'a fait sur le Nord français, en ajoutant un lest en fonte à l'arrivée du châssis. Les ingénieurs anglais ont, au surplus, des types arrêtés qui les satisfont, et dont ils se bornent à améliorer les détails.

Machines à six roues dont quatre couplées. — Avec une seule paire de roues motrices, il est difficile d'obtenir, sans surcharger la voie, une adhérence toujours suffisante, surtout pour démarrer promptement, malgré la masse légèrement faible des trains de grande vitesse. On peut concilier les exigences de l'adhérence avec celles de la voie en couplant deux essieux: mais, à grande vitesse, les bielles d'accouplement se brisent

Digitized by Google

quelquefois. C'est pour ce motif que le chemin de fer du Nord a cherché la solution de la machine à grande vitesse, dans l'application de deux paires de roues commandées par des mécanismes indépendants, et, par suite, par quatre cylindres. Mais ces machines n'ont pas tenu ce qu'on espérait : par suite de leur très-long empatement, d'une rigidité absolue (les roues motrices étant les roues extrêmes), leur allure, à l'entrée en vitesse, dans les courbes même de grand rayon, comme celles du Nord, était peu rassurante. Aussi ont-elles été affectées au service de trains moins rapides que les express, et pour lesquels l'accouplement de quatre roues serait dès lors sans inconvénient.

Tant que la vitesse ne dépasse pas 60 kilomètres environ, les machines à quatre roues couplées font un excellent service, et elles conviennent parfaitement à la traction des voyageurs sur les profils accidentés, leur adhérence leur permettant de développer sur les rampes un effort de traction accru en raison de la réduction de la vitesse. Nous avons déjà cité la machine transformée, exposée par le chemin de Lyon; la Société de Fives-Lille expose une machine de construction analogue et qui a, comme la première, les roues d'avant couplées. Le réseau d'Orléans a adopté, pour le service des voyageurs sur les sections à fortes pentes, de la ligne de Paris à Toulouse, des machines à quatre roues couplées, de 2 mètres de diamètre, remarquables par leur excellente allure et par leur faible consommation. Les roues couplées sont à l'arrière, et le foyer en porte-à-faux. La stabilité est néanmoins parfaite, par suite du rapport suffisant entre la longueur de la base d'appui sur rails et celle de la machine. Dans d'autres machines, dans la locomotive de M. Börsig, par exemple, l'essieu d'arrière, également couplé, est placé sous le foyer. Dans d'autres, comme dans celle d'Esslingen, destinée aux chemins indiens, et dans celle de M. Hartmann, de Chemnitz (Saxe) l'essieu couplé a été placé derrière le foyer. Cette disposition était à peu près abandonnée, et c'est à tort,

Digitized by Google

selon nous, que quelques constructeurs y reviennent. Lors même que le tracé permet de faire bon marché de la grandeur de l'empatement, la position des roues couplées à l'arrière, et par suite loin du centre de gravité du poids suspendu, conduit à une mauvaise répartition. On peut, sans doute, au moyen de balanciers, obtenir la même charge sur les deux essieux couplés; mais avec l'essieu d'arrière derrière le foyer, cette charge commune est moindre qu'avec le foyer en porte-à-faux ; l'adhérence est réduite, et, par contre, la charge sur l'essieu d'avant peut être excessive.

Machines à six roues couplées. — On s'attache dans ces machines, comme dans les autres : 1° à réduire le poids rapporté à l'unité de surface de chauffe ; 2° à obtenir, à très-peu près, l'uniformité de répartition de la charge sur les essieux.

La machine construite par les ateliers de Carlsruhe pèse, vide, 237 kilogrammes par mètre de chauffe. Ce poids est, comme on l'a vu, de 209 kilogrammes seulement dans la machine exposée par le chemin du Midi, quoique le diamètre des roues soit de 1^m60 dans celle-ci, tandis qu'il est de 1^m21 seulement dans la première. Le chemin du Midi établit ce même type sur roues de 1^m20, suivant les conditions du tracé. Cette appropriation d'un seul type à des services différents est susceptible de recevoir des applications utiles ; il faut seulement que la valeur du coefficient de l'adhérence soit assez élevée pour que la machine, montée sur six grandes roues, ait un excès d'adhérence; sans quoi elle en manquerait, montée sur les petites roues.

Machines-tender. — Le poids par unité de chauffe est, nécessairement, un peu plus élevé dans les machines-tender qui portent un frein et des caisses à eau.

La machine-tender à six roues couplées du Creusot pèse 240 kilogrammes par mètre. La capacité des bâches à eau suffit pour un parcours de 30 kilomètres, et celle des caisses à char-

Digitized by Google

bon pour 150 kilomètres. Ces machines, qui remorquent 700 tonnes sur niveau, ont fait leurs preuves, depuis huit ans, sur les chemins qui desservent le Creusot. C'est un fort bon type de puissante machine industrielle. Ajoutons, comme un détail qui a sa valeur, que le constructeur s'est attaché à simplifier le transport et le montage des différentes parties de la machine, et à faciliter ainsi son emploi sur les lignes isolées du réseau général.

La machine-tender de M. Carels, de Gand, adoptée par l'État belge, pour le service des gares, pèse 338 kilogrammes par mètre de chauffe. Elle est pourvue d'un frein à patins semblable à celui de la machine à quatre roues de Couillet, et sur lequel on peut également reporter les deux tiers du poids de la machine.

Machines à plus de six roues couplées. — 1° *Huit roues couplées.* — L'usage de ce type se répand. Il est représenté à l'Exposition : par la machine construite, pour le chemin du Nord, par la Société de Fives-Lille, et par la machine de Sigl (de Vienne et de Berlin) destinée aux chemins russes, et par les dessins de la machine du Midi. Le chemin d'Orléans en possède également, et vingt-cinq locomotives à huit roues couplées et à tender séparé, provenant de la transformation des anciennes machines Engerth (*modèle du Creusot*), fonctionnent sur le réseau de l'Est et principalement sur la ligne de Forbach, pour le trafic des charbons. On trouve aussi les huit roues couplées sur les sections à fortes rampes du Nord de l'Espagne et sur le Sömmering, où la Compagnie du Sud autrichien, suivant l'exemple de l'Est français, a également transformé ses Engerth en machines à tender indépendant.

La machine de Sigl, construite pour les chemins russes, c'est-à-dire pour une voie de 1^m523 de bord en bord, est établie d'après les errements qui sont si en faveur en Allemagne, c'est-à-dire que tout : cylindres, châssis et distribution, est placé à l'extérieur. Ajoutons qu'elle fait beaucoup d'honneur

Digitized by Google

à l'établissement d'où elle sort, et qui doit désormais être compté au nombre des principaux ateliers de l'Allemagne.

Cette machine, montée sur roues de 1^{m}22, à écartement extrême de 3^{m}885, a 176 mètres carrés de surface de chauffe; elle pèse vide 43,500 kilogrammes, soit 249 kilogrammes par mètre, et garnie 49,000 kilogrammes. Son effort de traction s'élève à 7,800 kilogrammes, et son adhérence (au sixième) à 8,166. Le tender à six roues pèse vide 12,500, et plein (10 t. 5 d'eau et 4,000 kilogrammes de combustible) 27,000 kilogrammes. Cette machine doit consommer du bois, ce qui, du reste, n'entraîne pas de changements dans la disposition du foyer. La cheminée est disposée suivant le système Klein, comme dans toutes les locomotives qui brûlent soit du bois, soit de la tourbe.

2° *Dix roues*. — On a déjà cherché à commander, par deux cylindres seulement, dix roues toutes adhérentes; les machines Engerth, aujourd'hui transformées, du Sömmering étaient dans ce cas avant la suppression des engrenages. Il en est de même de la machine *Steïerdorf*, dont il sera bientôt question. Dans la *Bavaria*, dont le triomphe fut si court; ce nombre s'élevait à quatorze. Mais il s'agit là d'une classe spéciale de machines, qu'il convient d'examiner à part. La locomotive *le Cantal*, exposée par le chemin d'Orléans, est, du moins à notre connaissance, le premier exemple en Europe de cinq essieux parallèles, couplés et commandés par deux cylindres. Aux États-Unis, M. Milholland n'a pas craint d'aller jusqu'à douze roues solidaires. Il s'agit d'une machine unique qui dessert la rampe placée près de Philadelphie, sur la ligne de Reading. Le poids de la machine garnie est de 45 tonnes, et le nombre des essieux résultait de la nécessité, commune à tous les chemins américains, de limiter la charge par roue à un chiffre bien inférieur à celui qu'admet la constitution des voies européennes. La machine dont il s'agit est d'ailleurs une exception, une fantaisie tout à fait en dehors des habitudes des ingénieurs américains.

Digitized by Google

La locomotive à dix roues du chemin de fer d'Orléans est destinée à franchir, entre Murat et Aurillac, des rampes de 0^m03, sur 18 kilomètres de longueur sur un versant, et 9 kilomètres sur l'autre, avec nombreuses courbes de 300 mètres. Il y aura deux catégories de trains : les mixtes, marchant à 40 kilomètres, seront remorqués sur toute la distance par les machines à huit roues couplées mentionnées plus haut ; les marchandises, dont la vitesse variera de 25 à 15 kilomètres, seront remorquées par les mêmes machines, en dehors de la section à rampes de 0^m03, et par les machines à dix roues sur cette section.

Le Cantal est établi pour remorquer sur ces rampes 150 tonnes brutes, chiffre que la résistance des attelages ne permet pas de dépasser sur de telles rampes.

L'effort de traction, avec une admission de 50 pour 100, est de 7,980 kilogrammes. La distance à franchir étant modérée et les stations pouvant être munies de réservoirs que les conditions locales permettent de remplir très-économiquement, un approvisionnement de 5,400 kilogrammes d'eau a été jugé suffisant. Il a pu, dès lors, être installé sur la machine, débarrassée ainsi d'un poids mort non utilisé par l'adhérence.

La machine a 210 mètres de surface de chauffe, et pèse vide 47,500 kilogrammes, soit 226 kilogrammes par mètre. Avec l'approvisionnement complet, son poids s'élève à 60,600 kilogrammes, ce qui a conduit à lui donner cinq essieux, pour ne pas dépasser la charge de 12 tonnes par paire de roues. Deux cylindres suffisant, sans leur donner des dimensions excessives (0^m50 de diamètre et 0^m60 de course), on a préféré s'en tenir là, la vapeur étant mieux utilisée avec deux cylindres qu'avec quatre.

On ne s'est pas dissimulé, d'ailleurs, les objections que peut soulever la solidarité de dix roues, assujetties à prendre toutes la même vitesse angulaire, malgré les inégalités inévitables des diamètres, et l'influence que ces inégalités peuvent exercer sur la résistance propre de la machine, comme sur le prix de son entretien. On espère que l'aggravation incontestable de cette

Digitized by Google

influence, quand le nombre des roues est porté de huit à dix, sera compensée par la nature des bandages et que, grâce à l'emploi de l'acier fondu, l'accouplement de dix roues n'aura pas d'inconvénients plus graves que celui de huit roues avec des bandages ordinaires. L'expérience sera certainement intéressante. Il est permis de croire néanmoins que l'emploi de deux machines-tender à six roues couplées, placées l'une en tête, l'autre en queue, répondrait mieux, sous tous les rapports, aux conditions du problème. Sur la section en rampe moyenne de 0^m029 de Ponte Decimo à Busalla (ligne de Gênes à Turin), l'expérience a conduit à regarder l'application d'une machine en queue comme une condition tellement essentielle, que, quand le poids du train permet de le remorquer par une seule machine, celle-ci est placée en queue et refoule.

3° *Machines à douze roues couplées.* — La machine exposée par M. Gouin, et appartenant au chemin du Nord, est, sauf la disposition déjà indiquée de la chaudière, la reproduction du type à douze roues couplées qui fonctionne depuis quelques années sur le chemin du Nord. Elle pèse vide 46,400 kilogrammes, soit 292 kilogrammes par mètre de chauffe, et garnie 57,600 kilogrammes. Diamètre des roues, 1^m065. Effort de traction, 9,500 kilogrammes.

La division des six essieux en deux groupes indépendants, commandés chacun par deux cylindres, a l'avantage de faire rentrer la machine dans les conditions des locomotives à six roues couplées, en ce qui touche les glissements aux jantes; c'est une sorte de solution intermédiaire entre l'unité absolue et la division du moteur en deux.

Nous noterons seulement un détail de construction : chaque piston n'a qu'une seule glissière, celle du haut, qui sert pour les deux sens de la marche, le coulisseau l'enveloppant, bien entendu. Cette disposition, outre sa simplicité, a l'avantage de faciliter le démontage des bielles.

Suspension. — *Balanciers.* — La suspension est générale-

Digitized by Google

ment étudiée avec soin. L'emploi des balanciers, usités depuis longtemps en Allemagne et en Belgique, se répand en France, où il était trop négligé. S'il n'est pas nécessaire de les appliquer comme on le fait en Prusse, même aux machines à roues libres, pour rendre invariable le rapport des charges des roues antérieures et des roues du milieu, on ne peut guère contester sérieusement leur utilité pour les roues couplées, sur lesquelles il importe d'obtenir l'égalité des charges, lorsque la position du centre de gravité le permet.

Dans les machines à six roues, il est toujours possible de charger également deux essieux voisins. L'égalité des charges sur les trois essieux est assujettie à une équation de condition, mais il est facile d'y satisfaire à très-peu près. En conjuguant alors les ressorts par des balanciers, on rend nécessaire et invariable l'égalité, qui n'est que possible avec les ressorts indépendants, et dont le mécanicien peut s'écarter beaucoup en réglant les ressorts par tâtonnements et sans le secours des bascules.

On a objecté à l'emploi des balanciers que le centre de gravité du poids suspendu n'a pas une position invariable, qu'il se déplace à mesure que l'eau se dépense, que l'équation de condition, satisfaite d'abord, ne l'est plus ensuite, et que, dès lors, les ressorts se déversent en mettant en jeu le frottement de leurs tiges contre leurs guides.

L'objection est fondée, mais seulement en théorie. En pratique, elle est sans portée, si ce n'est pour certaines machines portant leur approvisionnement très-inégalement distribué. Il est certain qu'il faut, dans les machines-tender, ou renoncer à conjuguer les ressorts des trois essieux, ou disposer les bâches à eau de telle sorte que la position du centre de gravité ne varie pas trop à mesure que l'eau se dépense.

Dans la machine à quatre roues couplées de M. Börsig, tandis que les ressorts des roues couplées sont conjugués, de chaque côté, par un balancier longitudinal, ceux de l'essieu antérieur le sont par un balancier transversal qui maintient

Digitized by Google

l'égalité des charges des deux roues, malgré les inégalités de la voie.

Plusieurs machines anglaises à grande vitesse présentent à l'avant une disposition analogue, mais dont le but est différent : c'est l'addition sur l'essieu antérieur d'un ressort transversal, combiné avec les deux ressorts longitudinaux extérieurs. Cet essieu étant chargé ainsi de part et d'autre de chacune des roues, le danger de rupture disparaît presque complétement.

On imite ainsi ce qui se fait depuis longtemps, pour ménager l'essieu coudé, dans les machines à châssis extérieur. — L'essieu est chargé à la fois et par celui-ci et par un longeron intérieur. La machine exposée par l'établissement de Seraing présente cet arrangement, fort usité dans les machines à cylindres intérieurs.

Avec le balancier transversal de Bõrsig, comme avec le ressort en travers appliqué à la machine à grande vitesse du Creusot, on déroge au principe général en faisant porter directement la chaudière elle-même, et non le bâti, sur le balancier ou sur le ressort. — On a cherché, dans le second type, à adoucir la suspension en intercalant des lames de caoutchouc, soit entre la chaudière et le ressort transversal, soit entre les autres ressorts et les tiges qui les chargent. Le même détail se retrouve sur la machine des États-Unis, mais on commence à y renoncer en Angleterre.

Boîtes à sable. — Encore un point amélioré et simplifié. Le sable est un auxiliaire très-utile sur les fortes rampes et dans les souterrains. Les distributeurs hélicoïdaux qu'on employait il y a quelques années, et qui exigeaient, ou l'action continuelle de la main du mécanicien, ou un agencement mécanique, sont inutiles pourvu que le sable soit de grosseur convenable et maintenu bien sec, ce qui est facile en installant la boîte sur la chaudière. Les boîtes à sable sont très-utiles non-seulement pour empêcher le patinage sur les rampes, dans les souterrains,

Digitized by Google

au démarrage, mais aussi pour augmenter la puissance des freins, y compris la contre-vapeur.

Roues. — L'application de l'acier fondu aux essieux et surtout aux bandages de locomotives a une importance sur laquelle il est inutile d'insister. Ajoutons qu'avec des roues cerclées en acier fondu, roulant sur des rails de même nature, l'adhérence n'est pas sensiblement inférieure à celle des roues en fer sur des rails en fer. Cela résulte d'observations comparées, faites sur plusieurs fortes rampes, entre autres celles du Hauenstein et du chemin de Rohrschach à Saint-Gall (Suisse).

Quelques usines, celle de Bochum entre autres, font des roues de machines à disque plein, simplement coulées avec leurs bandages. On a justement admiré, dans l'exposition de cet établissement, la belle paire de roues montées, de 2^m50 de diamètre. Ces pièces, presque complétement exemptes de soufflures, sont certainement très-remarquables comme produits de moulage de l'acier; mais il ne semble pas qu'elles présentent d'avantages sur les roues en fer avec bandage rapporté.

Les roues en fer fabriquées par MM. Arbel, Deflassieux et Peillon, à Rive-de-Gier constituent, au contraire, un progrès d'une véritable importance pratique, et de plus en plus apprécié. Un paquet, formé de la jante, des rais, de deux gâteaux qui les saisissent et qui forment le moyeu, et, s'il y a lieu, d'une masse additionnelle pour le contre-poids, est chauffé, puis à la fois soudé et moulé dans toutes ses parties sur une matrice inférieure au moyen d'un marteau-pilon de 24 tonnes auquel est fixée une matrice supérieure. Ce simple énoncé sommaire laisse entrevoir les difficultés nombreuses que présentait l'exécution, et qui ont été très-heureusement surmontées à la suite de nombreux tâtonnements dans la construction et la conduite du four à réchauffer et dans l'installation des étampes. Le procédé, parfaitement étudié, donne des produits dont la qualité ne se dément jamais.

Les roues de locomotives se font en trois chaudes.

Digitized

Notons aussi l'emploi, pour les bandages, d'un produit nouveau : l'acier fondu obtenu au four à réverbère de Siemens par les réactions, à une très-haute température, d'un mélange de fer, de fonte et parfois de minerai ; l'expérience n'a pas encore prononcé sur la valeur de ce procédé, dû à M. Pierre Martin. La machine à six roues couplées exposée par la Compagnie du Midi, et cinq autres du même lot, ont reçu des bandages obtenus par cette méthode, très-remarquable à plusieurs titres. La marche de l'opération, bien plus lente que dans le procédé Bessemer, se prête plus facilement par cela même à la production d'une série méthodique. Mais, comme le convertisseur, le four de M. Martin ne donne de bons produits qu'à qne condition : c'est que les matières employées soient très-pures. La fonte traitée à Firminy, chez M. Verdié, provient du minerai de Bone (Algérie).

Beaucoup d'ingénieurs anglais se préoccupent des moyens d'éviter les ruptures de bandages, ruptures qui se produisent généralement, comme cela doit être, dans une section affaiblie par un des rivets ou des boulons qui fixent le bandage à la jante. On réussit, mais par des expédients un peu compliqués, à supprimer les rivets et les boulons. La machine construite par le Creusot pour le *Great Eastern* offre un exemple d'un de ces ajustements. Jusqu'à présent, ce n'est guère que sur les chemins anglais que la question a paru avoir une importance réelle. Il est vrai que le danger de rupture des bandages et la gravité des conséquences de ces accidents sont en raison de la vitesse.

Locomotives pour chemins à voie étroite. — Quoiqu'on doive y regarder à deux fois avant d'engager l'avenir, en isolant une ligne du réseau général et imposant à son trafic l'onéreuse condition des transbordements, il y a beaucoup de cas où la nécessité d'une diminution de la largeur de voie est hors de doute. Il faut seulement n'adopter la voie réduite que quand il y a réellement lieu de le faire, et ne pas craindre alors de

Digitized by Google

la réduire beaucoup, les inconvénients, s'il y en a, étant les mêmes, tandis que l'économie d'établissement, surtout en terrain accidenté, croît rapidement avec la réduction de la largeur.

Les lignes de Norwége offrent un exemple remarquable de la réalisation de cet ordre d'idées. Une première ligne de 68 kilomètres avait été établie en 1854, avec la largeur ordinaire ; mais on reconnut bientôt que le trafic ne pourrait rémunérer le capital d'un réseau, même à mailles très-larges, établi dans les conditions des grandes lignes européennes, et une voie de 1m067 fut en conséquence adoptée.

M. Pihl, ingénieur en chef, qui a étudié et arrêté tous les détails des nouvelles lignes, a adapté à cette voie de 1m067 à rails légers (19k68 par mètre), un matériel roulant économique, relativement très-léger, et qui circule avec une très-bonne allure, même à une vitesse de plus de 60 kilomètres à l'heure. Nous n'avons à nous occuper que des machines, que nous examinerons tout à l'heure, avec celles du type auquel elles appartiennent.

Sur les chemins à voie étroite et surtout sur les lignes purement industrielles, la vitesse est faible, les rampes souvent assez fortes et les courbes raides, la machine doit donc avoir toute son adhérence, porter même son approvisionnement, et être à faible empatement. Le Creusot construit pour cette destination spéciale des machines qui ne sont, sauf la suppression d'un essieu, que la réduction de sa machine-tender à six roues couplées. Il établit ce même type pour des largeurs variant de 0m74 à 1m08 ; le premier passe facilement dans les courbes de 15 mètres et exerce un effort de traction de 1,050 kilomètres. Tout est disposé en vue d'un entretien facile, point capital pour les machines qui fonctionnent dans ces conditions.

Moyens de faciliter le passage des machines dans les courbes. — La nécessité d'aborder résolument la construction des

chemins de fer dans les montagnes, d'admettre de très-fortes pentes et des courbes raides, de desservir ces lignes accidentées au moyen de machines ayant à la fois une grande puissance, et par suite un grand empatement, et une grande adhérence à cause de la lenteur de leur marche, impose aux ingénieurs des conditions difficiles à concilier.

La solution pratique du problème a fait cependant des progrès réels. Quelques ingénieurs persistent à chercher la solution de l'inscription en courbe dans l'articulation, c'est-à-dire dans la division des essieux en deux groupes formés chacun d'essieux parallèles, mais pouvant produire des angles variables.

Partant de ce principe, on peut : 1° renoncer à l'adhérence de l'un des groupes d'essieux, qui ne doit porter alors qu'une faible partie de la charge; tel est le cas du matériel américain et de ceux qui en dérivent; 2° ou chercher, comme l'a fait M. Engerth, à concilier l'accouplement des deux groupes avec leur déplacement relatif, tout en n'employant que deux cylindres; 3° faire reposer une chaudière unique sur deux trains ayant chacun deux cylindres, pouvant prendre des déplacements relatifs, et recevant par suite la vapeur, au moyen de tuyaux articulés ou flexibles.

Les autres ingénieurs, et c'est le plus grand nombre aujourd'hui, repoussent ces trois solutions : la première, parce qu'elle est souvent insuffisante au point de vue de l'adhérence et sujette à caution au point de vue de la stabilité; la seconde et la troisième, parce qu'elles sont très-compliquées, et jusqu'à présent, à vrai dire, plutôt théoriques que pratiques.

Ils admettent donc le parallélisme absolu, avec lequel l'accouplement va de soi. Ils considèrent que la seule condition vraiment nécessaire de l'inscription en courbe est de racheter la flèche de l'arc occupée par les roues extrêmes, et que, si le défaut de convergence a un inconvénient, celui de la tendance au cisaillement des rails par les boudins, cet inconvénient est après tout tolérable dans des limites fort larges.

Digitized by Google

Machines américaines et types dérivés. — Aucune des locomotives exposées n'a excité autant de curiosité que l'*America*, de M. Grant. Si ce succès s'explique par des formes inusitées en Europe, par une coquetterie qui contraste avec la simplicité modeste de nos locomotives, par l'installation du mécanicien, confortablement placé dans une élégante cabine, il est justifié aussi, aux yeux des hommes spéciaux, par des qualités très-réelles. Cette machine est en effet, comme type, jugée par une longue pratique bien appropriée aux conditions spéciales des lignes américaines, et, comme exécution, remarquable par le choix et la mise en œuvre des matériaux.

L'apparition en Europe des locomotives américaines ne date pas d'aujourd'hui. Leurs constructeurs y trouvaient même jadis un débouché qui leur a été fermé depuis. Ainsi, plusieurs de ces machines ont fonctionné en Belgique, en Autriche et même en Angleterre. Les voies américaines sont médiocrement établies et médiocrement entretenues : ce qui s'explique par la nécessité de construire et d'exploiter économiquement ; les machines doivent être construites en conséquence. Les charges par essieux doivent être faibles, et le véhicule doit se prêter aux inégalités de la voie, en affectant le moins possible la régularité de l'allure de toute la masse. Dans ce but, la chaudière, quoique portée par huit roues, dont quatre couplées, s'appuie sur trois points seulement : à l'avant, sur le milieu de l'entretoise, qui reçoit la cheville ouvrière de l'avant-train ; à l'arrière, sur les ressorts, conjugués de chaque côté par un balancier, qui chargent les quatre roues motrices. Le bâti est réduit à une sorte d'armature peu rigide, résistant surtout dans le sens longitudinal, et la chaudière partage avec lui ses fonctions de support général.

Les roues de cette machine sont remarquables. Les quatre roues motrices sont en fonte, coulées d'une seule pièce, à rais creux, et cerclées de bandages en acier fondu. Les quatre roues portantes sont coulées avec leurs bandages, ainsi qu'on le fait depuis longtemps en Autriche, mais seulement pour les

Digitized by Google

roues des wagons à marchandises. Cette hardiesse est d'ailleurs justifiée par la qualité supérieure des fontes des États-Unis; mais cela ne suffit pas, et il faut évidemment aussi faire la part de l'habileté très-réelle des ouvriers.

On remarque avec surprise l'énorme fanal placé à la base de la cheminée. Un puissant éclairage est nécessaire, d'un côté, parce que la voie n'est ni close ni gardée ; de l'autre, parce qu'en hiver, sur les lignes du Nord, la machine est souvent enveloppée d'un nuage de neige, que la lumière doit percer.

Les locomobiles à avant-train mobile ne sont pas, du reste, employées en Amérique à l'exclusion de tout autre modèle. Des machines à essieux parallèles fonctionnent aussi sur plusieurs lignes. De même, le type américain est appliqué sur un certain nombre de lignes en Europe. Il est, par exemple, très-répandu sur les chemins du pays de Galles, et y fait un très-bon service. Il a été adopté récemment sur le *Metropolitan* et sur le *North London*, qui relie, près de Londres, le *London and North Western*, et le *Great Eastern*.

Machines à avant-train de Bissel. — Ce type, représenté par la machine exposée par la Société de Saint-Léonard, à Liége, participe à la fois du système américain et du système Engerth. Il a, comme le premier, un train articulé placé à l'avant ; il en diffère et se rapproche du second par le mode d'installation de la cheville ouvrière.

Dans la machine américaine, cette cheville relie directement l'avant-train au bâti. Il en résulte que, quand la machine s'inscrit dans une courbe, si les essieux fixes ont leur milieu sur la courbe moyenne, la cheville ouvrière se place sur le prolongement de la corde, et non sur la même courbe ; et il en est de même des milieux des essieux de l'avant-train.

Dans le système Engerth, la cheville est fixée également au bâti ; mais au lieu d'occuper à peu près le centre du train mobile, placé à l'arrière, elle est en dehors, au point de con-

Digitized by Google

cours des cordes des deux arcs compris entre les essieux extrêmes de chaque groupe, de sorte que les milieux des essieux du train mobile se placent, comme ceux des essieux fixes, sur la courbe moyenne.

Dans le système Bissel, la même condition est remplie en plaçant la cheville ouvrière à l'extrémité d'une bielle qui oscille autour d'un point fixe du châssis, déterminé comme ci-dessus; et, pour que les oscillations de cette bielle, qui reçoit et transmet la charge à l'avant-train, n'affectent pas la régularité de la marche en alignement droit, sa liberté est restreinte au moyen de plans inclinés intercalés entre elle et la chaudière, et qui lui donnent une position d'équilibre stable.

Dans la machine exposée par la Société de Saint-Léonard, et qui pèse garnie 48,000 kilogrammes, le poids se répartit ainsi : 37,000 kilogrammes sur les trois essieux adhérents, et 11,000 sur l'avant-train. Il y a ainsi pour l'adhérence une perte de près de 25 pour 100. C'est donc, en réalité, une machine américaine, perfectionnée sans doute à certains égards, mais entachée d'un défaut grave, quand il s'agit d'un service à vitesse très-réduite, et, par suite, à grand effort de traction.

La machine des chemins norwégiens, construite par Beyer et Peacok, est construite d'après un principe analogue. C'est en réalité une machine Engerth, mais ayant le train mobile à l'avant, et à un seul essieu. La position excentrique de la cheville ne permet pas, en effet, les déraillements du système mobile, qui est guidé par cette cheville et par les boudins. Cette machine pèse garnie 16 tonnes 25, dont 12 tonnes 2 sur les quatre roues couplées, et 2 tonnes 05 sur l'avant-train.

Système Engerth et Fink. — Il est représenté par la machine *Steierdorf*, qui figurait déjà à l'Exposition de Londres.

La transmission du mouvement de rotation du premier groupe d'essieux fixés au bâti, au second, mobile autour de la cheville ouvrière, est opérée non plus au moyen d'engrenages, condamnés par la pratique, mais par l'intermédiaire d'un

faux essieu accouplé avec chacun des deux essieux extrêmes des deux groupes. Ce faux essieu est supporté par deux poteaux qui, verticaux dans les alignements droits, s'inclinent en sens contraires dans les courbes, et rachètent ainsi l'accroissement de longueur de l'arc extérieur et la diminution de l'arc intérieur. Des entretoises articulées, reliant les paliers du faux essieu aux boîtes du dernier esssieu fixe, se prêtent à ces mouvements des poteaux par la diminution de leur inclinaison à l'horizon d'un côté de la machine, et l'augmentation de cette inclinaison de l'autre côté.

Cette solution très-ingénieuse, due à M. Fink, est théoriquement presque irréprochable. Est-elle réellement pratique? A Londres, en 1862, le doute, pour ne pas dire plus, était l'impression générale.

Aujourd'hui la machine se représente avec une garantie qui lui manquait alors, celle d'un service régulier sur la ligne de Steierdorf. Elle n'a subi qu'une modification ; l'essieu d'arrière étant, dans l'origine, trop chargé, eu égard à la faiblesse de la voie, il a fallu, pour rentrer dans la limite nécessaire de 9 tonnes 5, soulager le tender de tout l'approvisionnement d'eau, qui a été reporté dans des bâches installées sous le fourgon à bagages, et contenant 5,400 kilogrammes d'eau. Le fourgon devient donc partie intégrante de la machine ; le tender ne porte plus que le combustible, mais il n'en a pas moins sa raison d'être, puisqu'il concourt à supporter la chaudière.

La *Steierdorf* n'est donc pas rigoureusement une machine à adhérence totale, puisqu'elle comprend un véhicule spécial non adhérent. Mais il ne faut pas oublier que cela tient à une circonstance particulière, et que, avec une voie plus solidement constituée, les roues adhérentes porteraient toute la charge. L'extrême raideur des courbes (114 mètres), imposait, d'ailleurs, une limite très-basse à l'écartement des essieux parallèles ; et, d'un autre côté, le fourgon, relié à la machine par une cheville ouvrière, combat la tendance de l'arrière-train à se placer obliquement à la voie. La machine est pourvue d'un frein

Digitized by Google

à vapeur qui agit sur le groupe antérieur, et, par suite, sur toutes les roues, elle a en outre la valve de *Zeh*.

Le *Steierdorf* est le résultat de recherches poursuivies avec une persévérance et une sagacité très-dignes d'éloges ; c'est une dernière et remarquable tentative faite pour remplir le programme, demeuré incomplet, que M. Engerth s'était posé : celui de l'utilisation complète de l'adhérence dans une machine à deux groupes d'essieux convergents. On a rendu la machine *possible* en renforçant les principales pièces de la transmission, et notamment le faux essieu, qui a maintenant, quoique en acier, des dimensions énormes. Mais la machine est-elle pratique ? trouvera-t-elle des imitateurs ? Nous ne pouvons le croire.

Système Sturrock. — L'usine de Graffenstadt a construit, sur les projets de M. Vuillemin, ingénieur en chef du matériel au chemin de fer de l'Est, une locomotive destinée à faire le service de la traversée des Vosges, entre Sarreguemines et Niederbronn. Une machine-tender à cinq ou six essieux étant rejetée, et la machine ne pouvant dès lors porter son approvisionnement, un tender séparé était indispensable ; mais l'adhérence totale étant nécessaire sur les fortes rampes franchies à une vitesse réduite, le tender devait être rendu moteur. Il a, en conséquence, reçu deux cylindres intérieurs, commandant ses six roues couplées, et recevant la vapeur de la chaudière au moyen d'un tuyau flexible. C'est la solution introduite, il y a quelques années, par M. Sturrock sur le *Great Northern*, dont il dirigeait le matériel et la traction.

M. Sturrock l'avait empruntée lui-même à M. Verpilleux, qui l'avait imaginée et appliquée, il y a longtemps, à ses machines, pour la remonte des wagons vides sur la rampe de 0,014, de Givors à Rive-de-Gier.

Rappelons d'abord les motifs différents qui avaient conduit ces deux ingénieurs à adopter une même disposition.

Pour M. Verpilleux, il s'agissait de corriger un défaut de

proportion de ses machines, dont les cylindres étaient trop petits pour la chaudière. En appliquant des cylindres aux tenders, il a rétabli le rapport convenable entre la surface de chauffe d'une part, le volume des cylindres et l'adhérence de l'autre. C'était un expédient, et non un système ; aussi, lorsque, plus tard, de nouvelles machines furent construites pour le service de cette section, on revint simplement aux machines ordinaires à six roues couplées, mais bien proportionnées.

Pour M. Sturrock, la question était autre. On a souvent critiqué, en France, la vitesse modérée des trains de marchandises, en lui opposant la marche plus rapide, en effet, de ces trains sur les grandes lignes d'Angleterre ; mais cette accélération n'est pas toujours volontaire ; elle est souvent imposée par la nécessité de déblayer les voies.

Pour ne pas dérégler le service, il est souvent utile de forcer encore accidentellement cette vitesse déjà considérable des trains de marchandises, pour leur permettre d'atteindre rapidement la station voisine, où ils se garent pour livrer passage à un express qui les suit de près. M. Sturrock s'est donc proposé de mettre la machine à même de donner au besoin un *coup de collier* en dépensant, pendant un court trajet, *plus de vapeur qu'elle n'en produit*.

Telle était l'idée première, qui a pu ensuite se transformer plus ou moins. Quoi qu'il en soit, M. Sturrock ayant quitté le *Great Northern*, le tender moteur a été, à ce qu'il paraît, abandonné aussitôt.

Sur l'Est, le point de vue est différent ; il ne s'agit pas de donner de temps en temps des coups de collier pour franchir, à charge, les rampes de 0, 015 comprises entre Sarreguemines et le faîte. Cela serait possible, si ces rampes étaient très-courtes ; mais, comme une d'elles a 10 kilomètres de longueur, il faudra bien, quel que soit le système de la machine, qu'elle répare à chaque instant ses pertes et que la production de vapeur fasse équilibre à la dépense. Il faut bien que la puissance de cette machine et son adhérence soient déterminées d'après le poids

Digitized by Google

du train qu'on veut remorquer sur ces longues rampes de 0, 015, et d'après la vitesse qu'on veut lui imprimer.

On lit dans une note présentée au Jury, à l'appui du système dont il s'agit : « Avec les nouveaux types de locomotives connus : « machines-jumelles, machines à quatre et même à six essieux « accouplés, etc., l'on parvient à remorquer des trains d'un « tonnage relativement considérable, *mais, dans la plupart des « cas, la puissance de la machine n'est utilisée que sur une « faible partie du parcours.* » Nous cherchons en vain comment une différence qui se réduit en définitive à des détails de construction, sans affecter en rien le principe, pourrait placer, sous le rapport dont il s'agit, la machine à tender-moteur dans des conditions différentes des autres types.

« Il s'agit, «ajoute la note,» dans un moment donné et *pen- « dant un temps assez long*, de fournir de la vapeur en « réalité à deux locomotives, au moyen d'une seule chau- « dière. » Cette chaudière, capable de fournir de la vapeur à deux locomotives « *pendant un temps assez long*, » doit nécessairement être capable de la leur fournir *pendant un temps indéfini ;* et quand le profil ou la vitesse n'exigent pas cette dépense, la puissance de la chaudière n'est pas plus utilisée dans cette machine que dans toute autre.

En somme, il paraît difficile de voir dans la machine de l'Est une disposition mieux appropriée que dans les autres à la traction sur les profils accidentés et à longues rampes.

Ce qu'il y a en réalité de spécial dans cette machine, c'est l'*adhérence totale*, conciliée avec la division des essieux en deux groupes pouvant converger ; c'est, en un mot, une solution du problème que s'était posé M. Engerth ; c'est le tuyau de vapeur, et les cylindres du tender, remplaçant les anciens engrenages des locomotives du Semmering, ou l'appareil de connexion de la *Steierdorf*.

Les systèmes à deux trains, articulés indépendants, portant chacun deux cylindres, sont représentés par un petit modèle de la machine de M. Fairlie, adoptée pour la petite ligne récemment

Digitized by Google

ouverte entre Neath et Brecon (pays de Galles). Cet appareil, fort peu conforme aux idées qui prévalent si généralement en Angleterre, n'est en réalité qu'une réminiscence très-fidèle du type ingénieux, mais peu pratique, présenté par l'usine de Seraing au concours de Semmering, et relégué depuis longtemps, avec la *Bavaria*, parmi les *curiosités* de l'histoire des locomotives.

Machines à essieux parallèles. — Les ingénieurs qui admettent le parallélisme se bornent à donner aux essieux, suivant leur longueur, un jeu dont l'amplitude dépend de la position de chacun d'eux. Mais, pour que cette liberté des essieux ne nuise pas à l'allure de la machine en alignement droit, un appareil complémentaire doit tendre à maintenir les essieux dans la position moyenne, lorsque la machine chemine en ligne droite, et à l'y ramener, lorsqu'elle sort d'une courbe. Les rails ont, par suite, un effort additionnel à exercer sur les boudins pour produire le déplacement nécessaire à l'entrée en courbe, et pour le maintenir pendant que la machine parcourt cette courbe.

Il suffit de rappeler que les expédients les plus connus sont: 1° les *osselets* de M. Polonceau; 2° les plans inclinés; 3° les ressorts de M. Caillet; 4° les balanciers de M. Beugniot. Avec les osselets et les plans inclinés, le rail doit, pour déplacer l'essieu, exercer une pression qui dépend de la forme de l'osselet ou de l'inclinaison du plan. La répartition du poids suspendu entre les essieux est d'ailleurs un peu modifiée par le jeu de l'appareil.

Dans le système Caillet, la pression du rail doit comprimer un ressort horizontal; la répartition de la charge n'est plus affectée. Ce qui varie et croît avec l'amplitude du déplacement, c'est-à-dire en sens contraire du rayon de la courbe, c'est l'effort à la fin du déplacement.

Dans le système de M. Beugniot, conçu spécialement en vue des machines à huit roues, la restriction apportée à la liberté de

Digitized by Google

chaque essieu résulte de sa liaison, au moyen d'un balancier horizontal, oscillant autour d'un point fixe, avec un essieu qu doit, pour l'inscription en courbe, se déplacer en sens inverse de son conjugué.

Les deux mouvements contraires, s'ajoutent pour racheter la flèche. En alignement droit, les deux essieux se contiennent pour ainsi dire l'un par l'autre.

Ces divers expédients, dont chacun a ses avantages propres, sont tous d'origine française. Ils rendent de très-grands services, et suffisent dans un grand nombre de cas. L'utilité des plans inclinés, justement préférés aux osselets, qui concentrent les charges sur de trop petites portées, a été si bien constatée sur le réseau d'Orléans, qu'on les applique aujourd'hui à toutes les machines de ce réseau. Dans la machine à dix roues, le *Cantal*, tous les essieux en ont reçu, sauf celui du milieu qui n'a pas à se déplacer pour l'inscription en courbe, et qui, étant moteur, doit être fixé invariablement au bâti.

Jusqu'à présent les plans inclinés étaient placés entre la boîte à graisse et la tige du ressort. Aujourd'hui M. Forquenot simplifie la disposition ; c'est la surface de contact de la boîte à graisse et du coussinet, qui est profilée en dos d'âne. La boîte à graisse est alors fixe, et le coussinet est seul entraîné dans le déplacement de l'essieu.

Locomotive de M. Fell. — La locomotive, ce moteur si souple, si docile, cesse cependant de faire un bon service : 1° quand la vitesse s'abaisse au-dessous d'une certaine limite ; 2° quand l'inclinaison des rampes dépasse un certain point.

Premier cas.—L'effort de traction proportionnel à la surface des pistons, à leur course, et inversement proportionnel au diamètre des roues motrices, varie évidemment aussi, à égalité de vaporisation ou de production de travail, en raison inverse de la vitesse de translation. Cet effort est transmis par l'intermédiaire de l'adhérence, et il est clair que, la vitesse diminuant, l'adhérence finit par devenir inférieure à l'effort de traction qui croît

Digitized by Google

corrélativement. La machine est alors hors d'état d'utiliser toute sa puissance mécanique.

En palier ou sur de faibles rampes, il n'y aurait pas, dans certaines limites, beaucoup d'inconvénients à augmenter le poids de la machine, pour rétablir l'équilibre, mais il en serait tout autrement sur les fortes inclinaisons.

Heureusement, la limite de vitesse au-dessous de laquelle l'adhérence fait défaut est très-peu élevée, même avec des machines aussi légères que possible, eu égard à leur force, (et pourvu, bien entendu, que toutes leurs roues soient couplées). Sur la ligne de Pontarlier, par exemple (réseau de Lyon), la vitesse des trains de marchandises a été réglée à 15 kilomètres, et le patinage ne crée pas de difficultés. Cette vitesse réduite permet de profiter, pour augmenter la charge remorquée, de l'accroissement qui en résulte pour l'effet de traction ; il est évident que, si on se contentait d'une vitesse moitié moindre, par exemple, inadmissible sur les grandes lignes, mais suffisante sur certains chemins industriels, l'adhérence ferait complètement défaut, et cela, aussi bien sur palier que sur de fortes rampes. C'est uniquement une question de vitesse.

Deuxième cas.—S'il y a une assertion souvent reproduite, c'est assurément celle-ci : « Le défaut d'adhérence est le seul obstacle « à l'emploi de la locomotive sur les rampes très-inclinées ; « de sorte que la difficulté disparaîtrait en remplaçant l'adhé- « rence due au poids seul par une autre force indépendante « de ce poids. » Sans doute il y a une limite d'inclinaison à partir de laquelle les rampes deviennent inaccessibles à la locomotive agissant par simple adhérence, quels que soient son poids et sa puissance : c'est l'angle du frottement. Mais fût-on affranchi de la condition de l'adhérence sur une telle rampe, on n'y gagnerait rien, attendu que la locomotive, même la plus légère, ne remorquerait qu'un poids presque nul, sa propre remorque absorbant toute sa puissance.

Digitized by Google

On a prétendu, il est vrai, que n'ayant plus à se préoccuper de la condition de l'adhérence, on pourrait faire les machines spécifiquement plus légères. Mais c'est le contraire qui est exact, parce que, d'une part, la locomotive agissant par l'adhérence est aussi légère que possible, et que, d'un autre côté, on ne peut, jusqu'à présent du moins, remplacer ou compléter l'adhérence qu'en appliquant à cette même machine, identique d'ailleurs, des organes nouveaux, c'est-à-dire en augmentant son poids.

Il importe de bien définir les conditions dans lesquelles on peut être conduit à recourir à un tel artifice.

En réalité, une machine supposée *développer toujours toute sa puissance et marcher à la même vitesse* ne manque pas plus d'adhérence en rampe qu'en palier, car elle n'en perd que la fraction insignifiante, même sur les plus fortes inclinaisons pratiques, due à l'excès de son poids sur la composante de ce poids normal au profil. L'inconvénient des rampes, au point de vue de l'adhérence, ne surgit donc que quand on réduit la vitesse au-dessous de cette limite, citée tout à l'heure, de 15 kilomètres environ, plus ou moins, selon le climat.

Jusque-là leur seul inconvénient, capital d'ailleurs, est la grandeur croissante du poids de la locomotive relativement au poids qu'elle traîne. Avec une vitesse très-réduite, l'effort de traction croît corrélativement ; le poids remorqué pourrait être augmenté aussi, si l'adhérence, qui est toujours la même, ne faisait alors défaut.

On conçoit donc comment on peut être conduit, pour franchir les fortes rampes avec une vitesse réduite, à suppléer à l'insuffisance de l'adhérence ordinaire. M. Fell y arrive par un artifice dont il revendique, non l'idée première, mais seulement la réalisation. Il est juste de rappeler que cette idée, en admettant qu'elle ait été conçue d'abord en Angleterre, l'a été également en France par M. le baron Séguier. Son but était moins, il est vrai, de suppléer à l'insuffisance de l'adhérence, dans un cas spécial, que de prévenir, en général, les déraillements (assez fréquents

Digitized by Google

autrefois, mais très-rares aujourd'hui) en rattachant la tête du train, c'est-à-dire le moteur, à la voie.

M. Fell a arrêté, après plusieurs essais, le type de machines qui est aujourd'hui, avec quelques modifications, en construction dans les ateliers de M. Gouin. On s'en fera une idée sommaire, mais exacte, en concevant une locomotive à huit roues couplées, dont quatre verticales et porteuses, et quatre horizontales, commandées par les mêmes pistons au moyen de bielles motrices distinctes, et pinçant entre elles un rail central. On a donc, d'une part, l'adhérence ordinaire, due au poids entier de l'appareil ; et, de l'autre, l'adhérence facultative, en quelque sorte illimitée, due à la pression exercée par des ressorts, et que le mécanicien règle à volonté.

Ce système subit, comme tout autre, l'inconvénient inséparable de l'emploi de la locomotive sur les rampes très-fortes, c'est-à-dire la faiblesse relative au poids qu'elle remorque. Cet inconvénient peut toutefois être atténué ; la vitesse de translation pouvant être réduite autant qu'on le veut par suite de la source d'adhérence dont on dispose, et le poids remorqué augmenté en conséquence. Mais, s'il s'agit d'un passage de montagne et d'un grand trafic, les exigences même du tonnage quotidien peuvent exclure une marche par trop lente. Il convient, d'ailleurs, d'ajouter que le rail central et les roues horizontales offrent des garanties de sécurité très-réelles, tant au point de vue de la circulation dans des courbes très-raides, bordées de précipices, qu'au point de vue des moyens d'arrêt, sur des rampes d'une inclinaison inusitée.

Locomoteur de M. Agudio. — De la machine de M. Fell à l'ingénieux appareil de M. Agudio, la transition est d'autant plus naturelle, que la combinaison des deux systèmes semble constituer aujourd'hui la solution la plus simple, la plus pratique, de la traction sur les rampes très-inclinées, qu'il faut bien aborder aujourd'hui, et sur lesquelles la locomotive ne donne, quoi qu'on fasse, qu'un effet utile dérisoire à cause de

Digitized by Google

l'influence énorme de son propre poids. L'appareil que M. Agudio a fait construire en Belgique n'a pu, malheureusement, arriver en temps utile à l'Exposition; c'est seulement à la fin d'août qu'il a pu y être installé.

Le système est fondé sur l'emploi des moteurs fixes, et sur la transmission de leur travail au train, au moyen d'un câble marchant à grande vitesse, comme dans les transmissions télodynamiques. C'est en réalité une combinaison du plan incliné à câble, de la locomotive et du rail central.

Sans entrer dans des détails que ce rapport ne comporte pas, il suffit de dire que ce système se résume en ces deux points essentiels : 1° le brin descendant du câble sans fin est moteur, comme le brin montant ; 2° la vitesse de translation du câble est beaucoup plus grande que celle du train ; de sorte que la tension, et, par suite, le diamètre du câble, sont par ce double artifice, réduits autant qu'on le veut.

Il est clair, dès lors, que le câble n'agit pas directement sur le train. Il faut un intermédiaire amplifiant les vitesses du câble, et faisant agir les deux brins animés de vitesses contraires, dans le sens de la progression du train. Cet intermédiaire est un véhicule spécial auquel le train est attelé, le *locomoteur* représentant pour ainsi dire ce qui reste de la locomotive.

Les tensions des deux brins du câble sont employées à imprimer à des poulies portées par le locomoteur une rotation autour de leur axe, rotation d'où dérive le mouvement de translation, comme avec la locomotive.

Le locomoteur est un poids mort, comme la locomotive elle-même. Mais il y a une différence capitale ; c'est que le locomoteur est un poids mort constant (de 10 à 12 tonnes), indépendant du poids du train et de l'inclinaison de la rampe, tandis que le poids de la locomotive croît rapidement avec les deux éléments. De plus, la puissance d'une locomotive est limitée par les dimensions restreintes de sa chaudière, tandis que celle de l'appareil de M. Agudio est presque sans limites. Avec une

Digitized by Google

vitesse de 20 mètres par seconde et un effort de traction de 2,500 kilogrammes sur le câble, le locomoteur transmettra une force de 1,200 chevaux-vapeur et pourra remorquer des trains de 100 tonnes à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure sur des rampes de 0, 1. Dans ces mêmes conditions, le poids utile remorqué par une locomotive, quel que fût son système, serait presque nul.

Sous sa première forme qui a été à Dusino, près Villanova, l'objet d'expériences en grand que le rapporteur a été chargé de suivre (1), les poulies motrices du locomoteur se touaient sur un câble fixe, enroulé sur elles, et tendu par un poids.

Mais, depuis, M. Agudio a introduit dans son appareil un perfectionnement réel, en empruntant à M. Fell le trait essentiel de son système, c'est-à-dire le rail central qui remplace le câble fixe sur lequel se touaient des tambours verticaux. Ce rail est saisi par les poulies motrices du locomoteur placées horizontalement. Cela conduisait naturellement, et M. Agudio n'y a pas manqué, à utiliser aussi l'adhérence des roues qui portent le locomoteur, dont le poids est de 12 tonnes. L'effort de traction appliqué au rail central est réduit d'autant.

Cette combinaison des deux systèmes est assurément très-logique. Le locomoteur Agudio, dans lequel le poids mort est invariable, est, par cela même, d'autant plus avantageux que les rampes sont plus fortes; et le rail central a, de son côté, la propriété précieuse de se prêter à l'application de moyens d'arrêt très-énergiques.

Dans certaines traversées de montagne, ce n'est souvent qu'à force de travaux d'art, et en admettant des courbes de très-petit rayon, qu'on réussit à abaisser la limite des rampes à 0,04 environ. Sur de telles inclinaisons, la locomotive est à peine tolérable; tandis que le locomoteur à câble telodynamique peut franchir d'un seul jet des hauteurs de plusieurs

(1) Voir le rapport adressé le 3 octobre 1864, à M. le ministre des travaux publics par M. Couche, à la suite de sa mission à Dusino (Italie).

Digitized by Google

centaines de mètres, avec une inclinaison de 0,20. Il remplace la locomotive, dans les conditions où elle devient non-seulement très-onéreuse et presque impuissante, mais même absolument impossible.

L'application du système Agudio-Fell à la traversée du Simplon, est l'objet d'études sérieuses. Sur le versant nord, des rampes de 0,1 desservies par des machines fixes et le locomoteur à rail central, réduiraient les dépenses de construction et d'exploitation à un chiffre très-modéré. Sur le versant sud, beaucoup moins escarpé, et sur lequel les trains ayant porté en Italie des charbons et des bois, reviendraient en grande partie à vide, il n'y aurait qu'à poser les rails sur la route, et la traction serait faite par les locomotives de M. Fell.

Terminons là cette rapide esquisse.

Quoique bien sommaire, elle suffit pour prouver que la solution du problème de la traction sur les voies ferrées est poursuivie avec une activité toujours en éveil, et souvent féconde.

Sans doute, l'esprit de recherche est parfois systématique ; ses préférences, ses exclusions ne sont pas toujours justifiées ; il marche quelquefois en arrière en croyant aller de l'avant. Mais quelle est l'industrie qui évite ces fautes, à moins de se complaire dans une prétendue perfection, dans l'immobilité?

Dans son rapport sur l'Exposition de 1862, M. Flachat constatait avec une juste franchise « l'infériorité de la France en ce qui concerne les matières employées » par les constructeurs de locomotives. La période qui s'est écoulée depuis cette époque n'a pas été perdue, et le moment approche, sans doute, où la production française se sera complétement relevée de cette infériorité.

Quant aux progrès qui sont plus directement l'œuvre des ingénieurs de chemins de fer, la large part qui revient à la France ressort trop clairement de l'exposé qui précède pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ce point.

Digitized by Google

SECTION IV

MATÉRIEL ROULANT. — VOITURES ET WAGONS

PAR M. HENRY MATHIEU.

Considérations générales. — Importance du matériel roulant.

Le matériel roulant des chemins de fer comprend, d'une part, les voitures de toutes classes dans lesquelles on transporte les voyageurs, et, de l'autre, les fourgons et wagons dans lesquels on transporte les marchandises de tout espèce. Son importance est considérable, car, en France, on n'estime pas à moins de 25,000 francs en moyenne par kilomètre, sa dépense de premier établissement, et si on applique ce prix moyen aux 14,213 kilomètres en exploitation au 1er janvier 1867, on trouve un capital engagé de 355 millions. Si on cherche à se rendre compte de la même dépense, faite pour tous les chemins du globe, en réduisant le prix kilométrique à 20,000 francs, on trouve que, pour 120,000 kilomètres environ aujourd'hui exploités, la dépense est de 2,400 millions.

A côté de ces chiffres, ce qu'il importe encore et surtout de savoir, c'est la somme dépensée annuellement par les chemins de fer pour leur matériel. Nous ne pouvons à cet égard donner de renseignements certains que pour la France. Il résulte des documents qui nous ont été fournis, tant par les constructeurs que par les compagnies elles-mêmes, que, dans l'année 1865, la quantité totale de voitures livrées a été de 1,050, représentant une somme d'environ 5,200,000 francs, et de 12,000 four-

Digitized by Google

gons et wagons représentant une dépense de 36 millions de francs, soit en totalité 41,200,000 francs pour l'année 1865. Ce chiffre comprend, bien entendu, le matériel commandé en vue de l'extension du trafic sur les lignes existantes, et le matériel nécessaire aux lignes nouvelles. Nous devons ajouter que la France a, dans la même période, fourni à l'étranger des voitures et des wagons pour une somme d'environ 8 millions.

En résumé, le chiffre de la production du matériel roulant en France, pendant cette année 1865, année ordinaire, d'ailleurs, a été de 50 millions.

Ajoutons encore que, en France, le nombre moyen de voitures à voyageurs par kilomètre de chemin exploité, est de 0,75, et celui des fourgons et wagons est de 7,25 (1). Appliqués aux 120,000 kilomètres exploités sur le globe, cette proportion donnerait pour le matériel roulant :

Voitures............	90,000	Soit : 960,000 véhicules.
Fourgons et wagons . .	870,000	

Nous regrettons de ne pouvoir présenter pour d'autre pays, de chiffres précis, mais ceux que nous venons d'indiquer suffisent pour donner une idée de l'intérêt qui doit s'attacher à cette branche de l'industrie.

CHAPITRE I.

EXAMEN GÉNÉRAL DES DIVERS TYPES DE VOITURES A VOYAGEURS.

On a longtemps discuté sur le meilleur type de voitures pour les voyageurs ; des crimes qui ont eu un grand retentissement, ont éveillé l'attention publique sur le type qui est adopté par les

(1) On trouvera dans le Catalogue officiel, en tête de la classe 63, des renseignements complémentaires que nous avons rédigés sur cette partie de l'Exposition.

Digitized by Google

pays où ces crimes ont été commis, et on a demandé la modification radicale de ce qui existait.

Ce type que l'on condamnait nous est venu d'Angleterre, il y existe encore aujourd'hui, et la France l'a adopté pour tout son réseau. Presque toutes les nations de l'Europe l'ont également suivi, et celles qui en avaient dans l'origine admis un autre, ou l'ont abandonné depuis longtemps, comme la Belgique, ou sont en train de l'abandonner, comme la Suisse. Ce type, que nous connaissons tous, est à compartiments complètement isolés les uns des autres. Chacun de ces compartiments contient huit ou dix places, et chaque voiture renferme trois, quatre ou cinq compartiments suivant la classe à laquelle elle appartient. Le type qui paraissait avoir les préférences du public est le type américain, à couloir central longitudinal, et ouvert aux deux extrémités pour permettre la circulation, non-seulement dans toute la longueur de la voiture, mais encore dans toute la longueur du train, au moyen de ponts de communication, établis d'une voiture à l'autre. Ce type, qui semblait donner satisfaction à un désir de l'opinion publique, a été condamné par l'expérience. Si la condition qu'il offre de réunir ensemble un grand nombre de voyageurs, est un avantage dans les moments de panique, elle est au contraire une cause d'éloignement quand le calme est revenu dans les esprits.

En général le voyageur aime à être seul, il ne supporte pas l'agglomération, parce qu'il craint surtout d'être avec des personnes qui ne sont pas de sa société. A ce point de vue, le fractionnement des voyageurs répond au vœu du plus grand nombre.

Si le type américain est commode et agréable pour les voyages à faibles distances et pour les touristes, il ne l'est aucunement pour les voyages à long parcours et principalement pour les voyages de nuit. A côté de ces considérations qui tiennent au voyageur, il y en a une autre très-importante, c'est celle du prix. Dans les voitures américaines la place perdue est considérable et celle qu'on peut donner au public se trouve par

Digitized by Google

conséquent beaucoup diminuée ; de là la nécessité d'augmenter le prix des places, ou plutôt la difficulté de le réduire et de voyager à bon marché.

A l'appui de cette assertion, nous pouvons mettre en parallèle la voiture suisse qui figure à l'Exposition et une voiture analogue du type français. De cette comparaison, il résulte que le mètre carré de plancher, dans la voiture suisse, ne peut contenir que 1 voyageur et 46 centièmes, tandis que la même surface, dans la voiture française, contient 2 voyageurs 1/3. Aux considérations de surface il faut ajouter, pour compléter la comparaison, l'augmentation de poids, qui élève le prix de traction, et l'augmentation du prix de la voiture elle-même; ces deux éléments concourent l'un et l'autre à élever le prix des places (1).

En résumé, l'enquête faite par le gouvernement français a démontré que le type de voitures le plus commode, le plus convenable à tous égards, était le type que la France a adopté, et que, s'il laisse quelque prise à la critique, en ce qui touche la sécurité des voyageurs, il y a lieu d'étudier à part cette question et de chercher à la résoudre. On verra plus loin les solutions diverses qui ont été proposées.

§ 1. — Examen des voitures exposées.

Toutes les voitures des diverses nations qui figurent à l'Exposition, sauf la voiture suisse, sont à compartiments, comme nos voitures françaises. Toutefois, la Prusse a présenté un type de voiture mixte de première et de deuxième classe, dans laquelle le constructeur a cherché à concilier les deux conditions: 1° de la réunion des deux compartiments, 2° d'une circulation par une sorte de couloir intérieur qui supprime une place de voyageur par chaque banquette. On ne comprend pas trop l'économie d'une semblable disposition, qui

(1) Nous donnons, à la fin de ce travail, un tableau du nombre de voyageurs admis dans chaque voiture par mètre carré de surface du plancher.

Digitized by Google

n'a les avantages d'aucun système et a les inconvénients que chacun d'eux présente. Il est vrai que les voitures exposées par le constructeur prussien sont des voitures exceptionnelles, et ne sont pas des types généralement admis, sur lesquels on puisse discuter.

Les *Pays-Bas* ont exposé deux voitures à voyageurs mixtes de première et de deuxième classe, du type français, et qui se font remarquer par la longueur et l'élévation de la caisse. Une de ces voitures, composée de deux coupés de première classe et de trois compartiments de deuxième classe, reçoit trente-huit voyageurs ; la longueur de sa caisse est de $8^{m}63$, et elle n'est portée que sur deux essieux dont l'écartement est de $4^{m}70$.

La *Belgique* n'offre qu'une voiture, comprenant trois compartiments de classes différentes et un coupé ; c'est un spécimen, exposé pour montrer la façon de travailler des constructeurs.

La *France* présente des types de toutes les classes de voitures employées par les diverses compagnies. Ces types n'ont rien de spécial ; c'est le matériel français, tel qu'il est mis à la disposition des voyageurs. Rien dans leur ensemble ne montre une différence bien apparente avec les voitures que l'on construisait il y a cinq ans ; cependant il y a dans les détails des améliorations notables qui touchent au bien-être des voyageurs, et qui répondent au programme formulé par la commission d'enquête de 1862 et 1863.

Ce qu'on peut remarquer dans toutes les voitures, c'est une augmentation sensible dans la hauteur des caisses et dans la longueur des compartiments, afin de donner au voyageur plus d'air et plus de liberté dans ses mouvements. La hauteur intérieure des caisses des voitures faites en France en 1836 était de $1^{m}45$; elle atteint aujourd'hui 2 mètres ; la largeur était de $2^{m}10$, elle est aujourd'hui de $2^{m}50$. On remarque encore l'augmentation du poids de tous les véhicules, conséquence immédiate de l'augmentation des dimensions et des améliora-

Digitized by Google

tions dues à un plus grand confortable. Cette augmentation de poids résulte aussi d'une construction plus solide des caisses, et contribue par là à augmenter la sécurité des voyageurs. Aussi, on a pu le remarquer, depuis que le matériel devient plus solide, les accidents de chemins de fer ont des conséquences moins funestes qu'autrefois. Le nombre des victimes diminue considérablement, les blessures sont moins terribles, et les bris de matériel moins désastreux.

Fauteuils-lits. — Examinons les autres améliorations : dans une voiture de première classe du chemin de fer de l'Est, on trouve un coupé à trois places, où les dossiers, en s'abaissant, forment des lits très-commodes, dont la longueur est dans le sens de la voie. Mais, pour arriver à cette disposition, il faut y consacrer tout un compartiment, c'est-à-dire sacrifier huit places, pour en avoir trois seulement. La compagnie ne fait payer, quant à présent, ces places que 50 pour 100 en sus dudit tarif. Mais il est incontestable que cette majoration est encore insuffisante, et que si ce type est développé, il faudra bien augmenter le prix. Si on faisait payer chaque place proportionnellement à la surface qu'elle occupe, sans même compter l'augmentation du prix de revient, le prix, comparé à celui de la première classe, devrait être dans le rapport de 8 à 3, c'est-à-dire qu'il serait plus que doublé ; mais il est douteux que, dans ces conditions, il y eût beaucoup d'amateurs. Une compagnie consent donc à perdre de ses recettes quand elle fait une voiture semblable.

Par cet exemple, on peut voir à quel prix les améliorations et le confortable donné aux voyageurs sont obtenus ; nous devons ajouter que, même avec la faible majoration du tarif spécial aux voitures de luxe, ces voitures ne sont recherchées, en général, que pendant la saison d'été ; de là résulte un non-emploi pendant une grande partie de l'année, ce qui est encore une cause de perte.

Quant aux voitures-salons, elles ne sont que rarement

Digitized by Google

demandées, aussi le nombre en est-il très-limité dans chaque compagnie. L'Exposition n'en offre aucun spécimen.

Accoudoir. — Si nous continuons l'examen des améliorations, nous trouvons, dans les voitures de première classe de l'Est français, une nouvelle disposition de l'accoudoir de séparation, par laquelle on peut, au moyen d'une charnière, le relever et transformer, à la demande des voyageurs, chaque banquette en une sorte de lit. Mais cette transformation n'est possible, bien entendu, que lorsqu'il n'y a que deux ou trois voyageurs dans le compartiment. Cet exemple a été suivi par d'autres compagnies de chemins de fer.

Châssis de glaces. — On s'est aussi beaucoup préoccupé d'amortir le bruit insupportable que font les glaces par la trépidation des voitures ; la Compagnie du Nord a employé pour cela un système de baguettes intermédiaires, placées dans la coulisse ; elles sont pressées par un ressort, qui a toute la hauteur du châssis de glaces, et contre lequel ces baguettes s'appliquent. Les Compagnies d'Orléans et du Midi garnissent les châssis de glace avec du velours noir ; ce système exige beaucoup d'entretien, mais il est le plus simple.

Double suspension. — Une autre amélioration, très-bonne pour isoler le voyageur des trépidations de la voie, du bruit des roues et des boîtes à graisses, consiste dans l'emploi d'une double suspension. Cette double suspension, interposée entre la caisse et le châssis, est formée de six ou huit petits ressorts attachés au châssis en divers points et sur lesquels la caisse pose directement. Le chemin d'Orléans a adopté pour ressorts des rondelles en caoutchouc ; le chemin du Midi y a appliqué des ressorts d'acier en spirales. Cette disposition réussit à merveille et paraît devoir être adoptée sur les chemins français. On la retrouve aussi en Belgique.

Water-closets. — L'introduction de water-closets dans les voitures a depuis longtemps préoccupé les ingénieurs. Dans

Digitized by Google

les trains-omnibus, le voyageur peut à la rigueur s'en passer, mais dans les trains express, il est indispensable d'en avoir. Les voitures-spécimens que la Prusse a exposées sont construites pour répondre à ce besoin. Ainsi remarque-t-on dans une des voitures mixtes de première et de deuxième classe quatre cabinets, deux pour les hommes et deux pour les femmes; dans une autre voiture mixte du même constructeur, on trouve un cabinet pour les premières classes et un cabinet pour les deuxièmes classes. En outre, les dispositions sont telles que, aux stations, les voyageurs placés dans les autres voitures peuvent y être admis et rester dans un petit compartiment réservé, jusqu'à la station suivante.

Toutes ces dispositions sont excellentes; mais la place perdue y est grande, et on peut se demander si tout ce confortable est nécessaire.

En France, plusieurs compagnies ont installé un cabinet dans le fourgon à bagages des trains express, en l'isolant complétement du reste de la caisse. Ce cabinet comprend un water-closet et une petite pièce d'attente, comme dans les voitures prussiennes. Cette disposition paraît avoir été appréciée par les voyageurs; mais elle est incomplète, parce que le water-closet étant pour tout le monde, les dames hésitent naturellement à s'en servir. Il faudrait tout au moins deux cabinets par train, dans deux fourgons différents, un pour les hommes, l'autre pour les dames. On trouve encore des water-closets dans les coupés-lits; mais là il n'y a pas de cabinet spécial, le siége fait partie de la banquette sur laquelle posent les coussins; il est lui-même recouvert d'un coussin spécial, qu'on retire quand on veut s'en servir. Cette disposition n'est commode que quand on est seul ou en famille; elle ne peut, en aucun cas, servir aux autres voyageurs du train. La voiture de premiére classe exposée par la Compagnie de Lyon en offre un exemple.

Chauffage. — Le chauffage des voitures est une des ques-

Digitized by Google

tions de bien-être qui ont été longuement examinées. Le seul système reconnu pratique jusqu'ici, c'est celui des chaufferettes à eau.

Ce mode de chauffage, s'il n'est pas commode, est toutefois suffisant; mais il exige une manutention considérable dans les stations où l'on renouvelle les chaufferettes. C'est là le motif le plus sérieux pour en repousser l'application aux deuxième et troisième classes.

L'Exposition ne nous a rien montré de mieux que ce qui se fait en France. Il convient toutefois de mentionner la disposition adoptée par la Prusse, et qui consiste à remplacer l'eau chaude par du sable brûlant et à construire sous les banquettes une sorte de caisse en tôle qu'on aborde de l'extérieur par une porte percée dans la paroi de la caisse; ce qui permet de faire le service du dehors sans gêner les voyageurs. C'est une bonne disposition; cependant, il est à craindre que ces portes si nombreuses (il y en a quatre par compartiment) ne soient mal refermées et que les chaufferettes ne se perdent en route. Dans la voiture prussienne exposée, on remarque que les deuxièmes classes sont chauffées comme les premières classes. Si cette disposition est générale, c'est une importante amélioration.

Éclairage. — L'éclairage intérieur de l'une des voitures de première classe prussiennes exposées se fait au moyen de bougies spéciales, renfermées dans des lanternes circulaires à réflecteur supérieur, et qu'on allume par l'intérieur de la caisse. Dans les voitures françaises et dans celles des autres États représentés, l'éclairage se fait à l'huile, avec des lampes qu'on allume du dehors en marchant sur la toiture, de manière à ne pas gêner les voyageurs. L'emploi de l'huile nous paraît préférable à celui de la bougie; néanmoins l'éclairage nous semble n'être nulle part satisfaisant.

Ventilation. — Les voitures exposées ne présentent aucune

Digitized by Google

disposition nouvelle pour la ventilation des compartiments. Celle qui est généralement adoptée consiste à ménager à la partie supérieure de la baie de portière et des baies de custodes une sorte de persienne fixe, qu'on ferme et qu'on ouvre à volonté à l'aide d'un registre. Plusieurs constructeurs ont même supprimé complétement toute ventilation de ce genre, trouvant qu'elle peut aussi bien être réalisée par l'ouverture graduée des glaces, au moyen des tirants, ou des dispositions à contre-poids. La ventilation à l'aide de petites cheminées en tôle, placées au plafond de la voiture et coiffées d'une sorte de bonnet de prêtre, avec girouette, n'a pas réussi; cependant on en retrouve encore un spécimen dans le bureau ambulant de l'administration des postes françaises.

Rideaux et banquettes. — Nous devons signaler comme une amélioration apportée aux voitures de deuxième et de troisième classes l'apposition de rideaux en mérinos, pour garantir les voyageurs du soleil, ainsi que l'adoption d'accotoirs pour ces deux classes, de manière à ce que chaque voyageur puisse, au moins d'un côté, appuyer sa tête. Enfin, dans les troisièmes classes, on remarquera la forme renversée du dossier et celle un peu creuse de la banquette, afin que le voyageur soit mieux assis. Ces dispositions se trouvent en particulier réalisées dans les voitures exposées par la Compagnie du chemin de fer de l'Est français.

Charpente de la caisse. — La charpente de la caisse des voitures est généralement en bois; le fer, qu'on a employé avec succès dans la membrure des wagons, en dehors de quelques tentatives, n'a pas encore été appliqué aux voitures. En général, ce sont les essences de hêtre et de chêne que les constructeurs emploient pour la charpente des caisses; cependant, en Angleterre et en France, on fait un grand usage du bois de teck. La voiture de première classe d'Orléans, ainsi que la voiture mixte des chemins de fer du Midi, toutes deux

exposées, sont faites avec cette essence. En outre, le chemin de fer du Midi l'emploie à la garniture des parois de la caisse, au lieu de la tôle, et l'application en est faite sur plus de 400 voitures, sans que, depuis douze ans, on ait eu à s'en plaindre. Nous avons trouvé, dans une voiture de première classe du chemin de fer de Paris-Lyon, l'emploi de tôle en acier Bessemer pour garnir les parois extérieures. Cette tôle, choisie assez douce pour qu'on ait pu la plier d'équerre, a permis de faire la clouure aux baies de custodes dans l'intérieur de la baie elle-même, de manière à supprimer les baguettes extérieures de recouvrement. Toute baguette extérieure est une cause de rouille de la tôle; il y a donc intérêt à la supprimer, toutes les fois que cela est possible.

Sécurité. — La question de la sécurité des voyageurs dans le train en marche est depuis longtemps l'objet de vives préoccupations, et les procédés imaginés pour mettre le voyageur en communication avec le chef du train ont été nombreux; quelques-uns seulement ont été mis en pratique. A la suite des attentats dont nous avons parlé en commençant, chacun s'est mis à l'œuvre, et on a cherché, au moyen de l'électricité, à donner au voyageur la possibilité d'appeler au secours. Des essais ont été faits sur les chemins français du Nord et de l'Est; les systèmes Prudhomme et Achard y ont été expérimentés sur une large échelle, et, après quatre années de tâtonnements, on peut dire aujourd'hui que ces systèmes, dans l'état actuel de la science, ont donné tout ce qu'on en pouvait attendre. On est arrivé, en effet, par l'étude, à des procédés très-ingénieux, qui résoudraient complétement le problème, si l'agent moteur, *l'électricité*, ne faisait souvent défaut. C'est ainsi qu'on a mis dans chaque compartiment à la portée des voyageurs un cordon qui correspond à une sonnerie placée dans le fourgon des agents du train, et qui, lorsqu'il est tiré, fait apparaître sur le côté du compartiment d'où vient l'appel un voyant qui indique où il faut porter secours. Cette disposition

Digitized by Google

a exigé que les agents des trains pussent circuler à l'extérieur, le long de toutes les voitures, à l'aide des marchepieds longitudinaux ; on a donc modifié les marchepieds en conséquence ; sauf sur quelques portions de ligne qui datent de l'origine, et où la largeur des ouvrages d'art ne permet pas de donner une saillie suffisante aux marchepieds, pour qu'un homme puisse y circuler sans danger. Quoi qu'il en soit, le système électrique a été appliqué sur une grande échelle ; le chemin du Nord français l'a installé sur tout son matériel ; les autres Compagnies l'ont essayé aussi très-largement ; mais l'incertitude des résultats le fait peu à peu abandonner.

Outre l'électricité, on emploie le vide, fait au moyen de petites pompes, dans un conduit régnant sur toute la longueur du train et correspondant à une sonnerie placée dans les fourgons. Au-dessus de chaque compartiment et sur la toiture, on a placé une de ces petites pompes, dont la tige du piston seule fait saillie à l'intérieur et est à la portée des voyageurs. Ce système, qui a été mis en pratique par M. Jolly, est à l'essai, depuis dix-huit mois, sur le chemin de fer de l'Est français ; il donne de bons résultats, et jusqu'ici son application ne laisse entrevoir aucun motif d'insuccès. Les autres nations ne nous ont pas apporté, sur les communications entre les voyageurs et les agents des trains, autre chose que l'emploi de l'électricité. La Grande-Bretagne offre quelques spécimens de signaux électriques, qui ont beaucoup d'analogie avec ceux essayés en France. Nous ne savons pas si les résultats y sont plus satisfaisants que chez nous ; rien ne nous porte à le penser.

Incendies. — Nous devons mentionner les précautions prises par les compagnies pour éviter les chances d'incendie des voitures par le fait de la projection de charbons enflammés sous le châssis de la voiture. Un accident de cette nature, qui a eu un douloureux retentissement, a conduit d'abord à couvrir toutes les parties du châssis où le charbon peut sé-

Digitized by Google

journer par des plaques en tôle disposées à deux pentes, ou à enduire ces parties d'une peinture à base incombustible. Le chemin de fer de Lyon a été plus radical dans les précautions qu'il a prises : il a cloué sur toute la surface inférieure de la caisse une tôle de 1 millimètre d'épaisseur, et, en outre, il a adopté un châssis entièrement en fer.

Voitures à deux étages. — La France a présenté à l'Exposition deux spécimens de voiture à impériale, ou mieux de voiture à deux étages, dont le type primitif est depuis longtemps en usage sur les chemins de banlieue, et notamment sur les lignes qui vont à Saint-Germain et à Versailles. Mais les modèles exposés ont été beaucoup améliorés, en ce qu'on a fait de l'impériale en quelque sorte une seconde voiture, complétement fermée, et d'un accès assez facile, au moyen d'un double escalier placé en saillie à chaque extrémité de la caisse.

La voiture de l'Est, destinée aux chemins de banlieue et aux chemins de fer départementaux d'Alsace, contient des compartiments de première, de deuxième et de troisième classe. Les premières et deuxièmes classes sont en bas, les troisièmes classes sont en haut, sauf toutefois un compartiment de troisième, réservé dans le bas, pour les femmes et les personnes peu valides.

La voiture, portée seulement sur deux essieux, peut contenir huit voyageurs de première, vingt de deuxième et cinquante de troisième classe, en tout soixante-dix-huit voyageurs, ce qui donne par mètre carré de surface projetée de plancher 3.8 voyageurs, tandis que les voitures ordinaires de deuxième classe de la même Compagnie ne donnent que 1.99 voyageur par mètre carré. La comparaison de ces deux chiffres indique l'économie de traction que doit apporter l'emploi de semblables voitures. Mais cette économie est obtenue un peu au détriment du confortable.

L'éclairage des compartiments intérieurs de ces voitures se

Digitized by Google

fait avec des lampes placées sur le côté et en dehors de l'impériale, et dont l'allumage et le service peuvent avoir lieu sans gêner les voyageurs.

Ce système de voiture exige, pour pouvoir passer dans le *gabarit du matériel*, que le châssis et la caisse soient descendus à un niveau bien inférieur à celui qu'ils occupent dans les voitures ordinaires; aussi les traverses de tête, qui portent les tampons de choc et les ressorts de traction, ont-elles des dispositions toutes spéciales. La seconde voiture à deux étages qui est exposée, à peu près semblable à la précédente, est faite pour des chemins à trafic peu important; aussi est-elle moins longue et ne contient-elle que cinquante-deux places. Le constructeur l'a désignée sous le nom de *voiture des chemins de fer départementaux*, auxquels du reste elle est destinée.

§ 2. — Fourgons; châssis.

Fourgons à bagages. — La construction de la caisse des fourgons à bagages a reçu les améliorations qui ont été introduites dans les voitures : solidité plus grande dans la charpente, augmentation dans la longueur, la hauteur et la largeur, de manière à satisfaire à l'augmentation du transport des bagages et de la messagerie. Le fourgon exposé par la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon est dans ces conditions ; mais comme il est destiné aux transports des primeurs par grande vitesse, il n'a ni guérite de frein, ni niches à chiens, en sorte que tout l'espace y est consacré à recevoir les colis. Ce fourgon est à six roues, comme une partie du matériel de grande vitesse de la Compagnie de Paris-Lyon. Les parois de la caisse en bois sont garnies de tôle dans toute leur hauteur, avec couvre-joints verticaux en fer méplat, pour que l'eau ne puisse séjourner dans les rainures. Cette construction met l'intérieur de la caisse à l'abri des infiltrations d'eau et lui donne une grande solidité. Ce fourgon est un type qui peut être adopté sur les lignes à grand trafic.

Digitized by Google

La Compagnie de l'Est a exposé un fourgon, destiné au service des marchandises, dans lequel la caisse est partagée par une cloison en deux compartiments inégaux ; dans l'un, le plus petit, se place le garde-frein, et dans l'autre, le plus grand, on charge les marchandises. Chacun de ces compartiments a une entrée indépendante, de façon à ce que, au besoin, le compartiment des marchandises puisse être livré entièrement à la douane et plombé pour les colis en transit.

Nous signalerons ici la tendance des ingénieurs à utiliser d'une façon plus complète les fourgons des trains de voyageurs, surtout ceux occupés par le chef de train, qui, obligé de monter et de descendre à chaque station, ne peut mettre des colis que dans la moitié seulement de son fourgon, l'autre étant réservée comme passage quand les portes d'accès sont au milieu de la caisse. C'est pour éviter cet inconvénient que la Compagnie de l'Ouest a déplacé les portes et les a reportées du côté de la guérite du frein, de façon à laisser le plus grand espace aux bagages.

Châssis des voitures. — Depuis cinq ans, il n'a pas été apporté de grandes modifications à la construction des châssis de voitures. La substitution du fer au bois pour les brancards extérieurs longitudinaux s'est développée successivement à la suite, d'une part, de l'abaissement du prix des fers, et, de l'autre, de l'élévation du prix des bois et de la difficulté de trouver, pour les châssis de 7 et 8 mètres de longueur, des pièces de cette dimension suffisamment saines. La pensée de remplacer le bois par le fer s'est présentée depuis longtemps à l'esprit des ingénieurs. Mais le motif principal qui, dès l'origine, a fait hésiter, a été, avec l'augmentation de prix, l'augmentation de poids, à laquelle on aurait été entraîné. Ces considérations n'existent plus au même degré aujourd'hui, et on est entré pleinement dans une voie mixte, qui consiste à construire les châssis partie en fer et partie en bois. Cependant plusieurs ingénieurs persistent à conserver le bois pour les châssis de

Digitized by Google

voitures, ou tout au moins pour les voitures de première classe, afin d'amortir le bruit de ferraille de la voie et des autres pièces métalliques du train, bruit toujours désagréable et que l'emploi de châssis en fer aggrave. C'est ce que fait M. Forquenot, ingénieur en chef de la Compagnie d'Orléans. D'autres ingénieurs, au contraire, n'ont pas hésité à construire en fer laminé le châssis entier, dans le but de mettre les voitures à l'abri de toute chance d'incendie. Telle est la voiture de première classe exposée par la Compagnie de Paris-Lyon, que nous avons déjà citée pour la doublure en tôle fixée au-dessous de la caisse. Entre ces deux manières de faire se place le système mixte des voitures de la Suisse, de la Prusse, des Pays-Bas, de la Belgique et de la France, et qui consiste à mettre les brancards en fer et à conserver le bois pour les traverses et les croix de saint André.

Nous n'avons rien à ajouter au sujet de l'attache de la caisse au châssis ; l'amélioration qui consiste à intercaler entre les deux de petits ressorts en caoutchouc ou en métal, et dont nous avons déjà parlé, est très-bonne ; nous ne pouvons que la recommander.

L'Exposition nous offre deux spécimens de châssis à six roues ; ce type, destiné par la Compagnie de Paris-Lyon aux voitures de grande vitesse, a pour but, en répartissant le poids sur un plus grand nombre de points d'appui, d'empêcher l'échauffement des fusées. Ces véhicules sont en effet très-lourds à cause de leur châssis tout en fer ; la voiture pèse vide 8,640 kilogrammes, et le fourgon pèse, vide également, 7,600 kilogrammes.

L'écartement des essieux a été porté dans les voitures prussiennes à $4^{m}85$; c'est l'écartement le plus grand accepté jusqu'ici pour les voitures à deux essieux. En France, on ne dépasse pas généralement 4 mètres pour cet écartement, afin de pouvoir circuler facilement dans les courbes de 300 mètres de rayon, limite inférieure prescrite ; en outre, et dans le même but, on réserve un jeu transversal de 1 cen-

Digitized by Google

timètre entre les plaques de garde et les joues des boîtes à graisse.

CHAPITRE II.

WAGONS A MARCHANDISES.

L'Exposition n'offre que quelques spécimens de wagons à marchandises; nous le regrettons, parce que les types qui nous sont arrivés d'Allemagne, apportant des milliers de produits à l'Exposition, présentaient un grand sujet d'étude et de comparaison dont chacun eût tiré profit. Disons seulement que tous ces wagons étaient solidement construits, et tous parfaitement appropriés au trafic des pays d'où ils venaient. Constatons aussi la force des attelages, la puissance des ressorts de choc, et celle des ressorts de traction, que nous retrouvons d'ailleurs dans les wagons prussiens exposés.

Il résulte de l'examen des divers types que la tendance générale est de faire porter aux wagons une charge utile de 10 à 11 tonnes. Le wagon à houille tout en fer de M. Ruffer, de Breslau, comme le wagon à châssis en fer et à caisse en bois du chemin de fer de Lyon, sont construits pour un chargement, l'un de 11, et l'autre de 10 tonnes; le premier pèse vide 5,500 kilogrammes; le second pèse, avec son frein à deux sabots, 5,360 kilogrammes. Nous signalerons, sans cependant le recommander d'une manière spéciale, le wagon prussien, comme accusant une tendance à l'emploi du métal dans la construction des caisses. Les Anglais sont entrés depuis longtemps dans cette voie, mais l'usage n'en a pas été généralisé. La Belgique a exposé également un wagon couvert à marchandises, avec châssis en fer et caisse en tôle, destiné aux chemins de l'État. Le constructeur, M. Évrard, présente ce wagon comme un type économique; cependant son poids est de 6,800 kilogrammes et son prix, de 5,500 francs. Le ré-

Digitized by Google

sultat de l'expérience acquise jusqu'ici dans l'exploitation du service des marchandises a conduit à la réduction des wagons spéciaux, et, par conséquent, à l'adoption du moins grand nombre de types possible. En France, les compagnies ont regardé comme indispensables les trois types suivants : 1° le wagon couvert ; 2° le wagon plate-forme ; 3° le wagon à houille ou wagon à bord de 0m80 de hauteur. En dehors de ces trois types, chaque compagnie est amenée à construire d'autres wagons pour un mouvement de marchandises spécialement déterminé ; mais ce nombre est en général très-restreint.

L'Exposition n'offre qu'un spécimen de wagon couvert et ne présente aucun wagon plate-forme ; cela est regrettable, parce qu'il eût été intéressant de voir à quelles dispositions les diverses nations donnaient la préférence. En France, il y a deux principes bien tranchés adoptés dans la construction des wagons couverts : dans l'un, la caisse est indépendante du châssis, comme dans les voitures à voyageurs ; dans l'autre, elle y est intimement liée et fait corps avec lui. Les deux systèmes sont également adoptés, et il est vraiment difficile, en présence des applications qui en sont faites, de se prononcer pour l'un de préférence à l'autre. Pour nous, nous inclinons vers le second, parce que nous le trouvons plus solide et mieux disposé pour résister aux chocs répétés que reçoit le matériel des marchandises, dans les mille manœuvres qu'il a à subir.

Signalons donc, puisqu'aucun autre type ne nous a été envoyé, les deux wagons à houille de la Prusse, construits tout en fer, l'un sans frein, et l'autre avec frein, remarquables tous les deux par leur solidité ; un wagon à houille avec châssis en fer et caisse en bois, de la même nation ; le wagon à houille du chemin de fer de Paris-Lyon, avec châssis également en fer et caisse en bois, très-solidement construit ; un wagon à houille français de MM. Chevalier et Cheylus d'un prix de revient très-bas (2,050 francs), avec frein à main, ressorts de choc, ressorts de traction en acier et à côtés tombants ; enfin le wagon

Digitized by Google

à marchandises et à bestiaux, tout en fer et tôle, mais avec plancher en bois, de la Belgique.

CHAPITRE III.

PIÈCES ET APPAREILS ACCESSOIRES.

---

§ 1. — Freins.

1° Nous abordons maintenant la question des freins, qui est du plus haut intérêt, parce que c'est une question de sécurité. Malheureusement, la plupart des inventeurs qui s'en occupent ont toujours la pensée de vouloir arrêter les trains instantanément ; aussi les procédés qu'ils emploient se ressentent du but qu'ils se proposent d'atteindre, et ils n'arrivent qu'à des dispositions impossibles. Les freins doivent être avant tout des modérateurs de la vitesse des trains ; ils ne doivent et ne peuvent jamais les arrêter instantanément. Il faut aussi qu'un frein soit calculé pour que l'effort exercé sur ses organes et transmis aux sabots ne puisse jamais caler les roues. Le calage des roues déforme les bandages, et c'est peut-être là son moindre défaut, car le plus grave est d'arrêter les trains moins rapidement que quand on se tient sur le point limite, où les roues cessent de tourner. C'est un fait que la théorie explique et que les expériences confirment parfaitement. L'administration française s'est, avec juste raison, préoccupée de la question des freins ; en 1863, elle a nommé une commission, choisie en partie parmi les ingénieurs actifs des chemins de fer, pour donner un avis sur ce qui avait été fait et sur ce qu'il convenait de faire. Cette commission a déclaré, après une étude complète et approfondie : « que les freins actuellement usités suffisent généralement « pour garantir la sécurité des trains ; qu'il serait néanmoins « utile dans certains cas d'arrêter les trains plus promptement.

Digitized by Google

« Elle concluait en invitant les compagnies à continuer les « essais commencés sur divers freins ; à appliquer des freins « énergiques aux locomotives, et à étudier des dispositions « propres à mettre les moyens d'arrêt entre les mains du « mécanicien. »

Les comités d'admission de l'Exposition ont simplifié considérablement la tâche du Jury, en n'admettant que des freins dont l'expérience a sanctionné l'efficacité. Aussi tous les freins exposés n'ont-ils rien de nouveau ; ils ne présentent que quelques modifications de détail. Toutes ces modifications portent sur la rapidité de la transmission aux sabots, afin de les rapprocher instantanément des bandages des roues.

C'est là le but qu'ont cherché à atteindre : M. Stilmant, par un système très-ingénieux de coin agissant sur les sabots ; M. Tabuteau, par la suppression de la vis et l'emploi d'un levier à main, lié à un système de leviers conjugués ; M. Lapeyrie, par le déclanchement d'un ressort qui, en se détendant, rapproche en quelques secondes les sabots des bandages ; M. Bricogne, par un contre-poids qui, en tombant brusquement, remplit le même office.

Nous ne pouvons passer sous silence le frein à embrayage électrique de M. Achard, qui a fonctionné pendant trois ans au moins et régulièrement sur le chemin de fer de l'Est, frein très-ingénieusement construit, remarquable à tous égards, mais dont l'application ne s'étend pas, parce que c'est sur l'électricité qu'il faut compter, et que l'électricité fait quelquefois défaut.

Le frein automoteur de Guérin, dont l'Exposition offre un modèle à échelle réduite perfectionné par M. Dorré, très-en usage il y a quelques temps, est moins souvent appliqué depuis que pour monter les fortes rampes on se sert de deux locomotives, l'une en avant, tirant le train, et l'autre le poussant en arrière, et par ce fait faisant souvent servir malencontreusement les freins Guérin à créer une résistance à la marche, quand, au contraire, les roues doivent avoir toute leur liberté.

Digitized by Google

Nous allons maintenant examiner successivement les parties constitutives des roues montées sur essieux.

Parlons d'abord des essieux.

§ 2. Roues montées sur essieux.

Les essieux des véhicules de chemins de fer occupent depuis quelques années l'attention des ingénieurs, qui ont tour à tour examiné les dimensions des fusées et du corps de l'essieu, celles de la portée de calage, ainsi que la nature du métal à employer. Avec l'accroissement successif du poids des véhicules et du chargement, les dimensions des essieux primitifs sont devenues insuffisantes ; on les a donc augmentées. En France, le chargement des wagons étant généralement de 10 tonnes, le poids porté par chaque fusée s'élève à près de 3,400 kilogrammes ; les dimensions de cette dernière sont comprises entre 75 millimètres et 85 millimètres pour le diamètre, et entre 160 millimètres et 170 millimètres pour la longueur. Le diamètre de la portée de calage a été trouvé trop faible ; la Compagnie du Nord, donne à cette dimension 130 millimètres ; elle est habituellement de 120 millimètres. Le diamètre du milieu de l'essieu est compris entre 105 et 130 millimètres ; avec 130 millimètres, le corps de l'essieu est cylindrique, c'est-à-dire que la forme conique disparait.

Quant aux métaux employés, le fer, l'acier naturel, l'acier Bessemer et l'acier fondu sont ceux sur lesquels tour à tour on expérimente ; mais jusqu'ici, en France, le fer conserve la préférence du plus grand nombre, tandis qu'en Allemagne, c'est l'acier fondu qui est le plus généralement adopté.

Les *centres de roues* qui figurent à l'Exposition méritent toute attention. L'Allemagne, la France, la Belgique et l'Angleterre ont exposé des types d'un grand intérêt ; il semble qu'on abandonne la roue à rayons flexibles, pour ne prendre que des roues à centre rigide, soit avec rayon en fer forgé, soit avec centres pleins laminés en fer ou bien coulés, en fonte ou en acier.

Digitized by Google

En Autriche, on trouve les remarquables produits de M. Ganz, où les roues en fonte de qualité supérieure, coulées en coquille, présentent à la jante une surface trempée très-dure, qui dispense de l'emploi de bandages.

En Prusse, l'usine de Bochum a exposé des centres de roues en acier fondu au creuset, de qualité tout à fait supérieure, à ce point que sur un chapelet de vingt-deux centres de roues superposées et d'une même coulée, de 10,000 kilogrammes environ, faite debout, la jante de la roue supérieure est aussi saine que celle qui est placée à la partie inférieure. Dans ces roues comme dans celles de Ganz, on ne rapporte pas de bandage sur la jante, qui, dès lors, est coulée avec un boudin.

En France, nous avons les roues à rayons droits en fer, du système de M. Arbel-Deflassieux, remarquable par la méthode de fabrication qui consiste à souder, en une seule chaude et dans une étampe, sous le choc d'un marteau puissant, toutes les parties de la roue préalablement assemblées à froid, et comprenant le moyeu, les rayons et la jante. L'expérience a confirmé l'efficacité de ce procédé, car depuis bientôt huit ans, c'est à plus de 40,000 qu'il faut porter le chiffre total des centres ainsi fabriqués, et jamais, à notre connaissance, il n'y a eu en service des soudures entre les diverses parties. L'Angleterre, de son côté, expose des spécimens de roues bien exécutées suivant le procédé de M. Arbel. On trouve encore en France des roues à centres pleins en fer, obtenus d'une seule pièce au laminoir, par le procédé de MM. Petin et Gaudet. Ces centres pleins sont aujourd'hui très-employés par les compagnies, principalement pour les roues qui doivent servir aux voitures des trains de grande vitesse, afin d'empêcher le soulèvement de la poussière.

L'usine de la Providence, en Belgique, est arrivée dans la fabrication des roues pleines à un grand degré de perfection. Ses roues sont remarquables par leur légèreté et par la forme ondulée donnée par le laminoir à la toile centrale.

Il nous reste à citer les roues exposées par la Suède, où le

Digitized by Google

centre est en bois debout, comprimé entre le moyeu et le bandage ; ce système est bien ancien, mais il n'a pas eu de nombreuses applications.

Les bandages, comme les essieux, sont fabriqués soit en fer, soit en acier des diverses provenances connues. Ici encore, les matières d'acier sont employées sur une grande échelle ; les aciers Krupp, les aciers fondus, les aciers Bessemer, les aciers puddlés, sont d'un usage général. Toutefois, pour les roues de wagons dont le poids, au contact du rail, est moins grand que sous les locomotives, l'usage de l'acier est resté limité ; plusieurs ingénieurs continuent à se servir du fer, non-seulement parce qu'ils trouvent sa résistance suffisante, mais encore parce que, a côté de l'économie, ce métal, sous l'action du froid, étant moins cassant que l'acier, offre une plus grande sécurité. Afin de ne pas affaiblir les bandages en acier et éviter toute prédisposition à la rupture, on a cherché à ne pas les percer pour les fixer à la jante des roues ; malheureusement, tous les systèmes essayés jusqu'ici ne sont ni simples, ni efficaces, pas même celui présenté par la Suède, quoique déjà ancien. Signalons avant de terminer le bon usage qu'ont fait et que font encore les bandages en fer cémenté quand on les applique aux roues de wagons. MM. Leseigneur et C^ie^ en ont exposé quelques spécimens intéressants.

Il nous reste à dire que le diamètre des roues des voitures et des wagons, au point de contact des rails, varie entre $0^{m}90$ et $1^{m}10$; le diamètre de 1 mètre est le plus généralement adopté.

§ 3. Ressorts.

On s'est beaucoup occupé dans ces dernières années de modifier la forme des ressorts pour les approprier aux diverses dispositions que la construction des voitures réclame. Les ressorts à feuilles plates étagées ne pouvant pas

en effet, se placer facilement dans des espaces restreints, on a construit des ressorts en hélice, des ressorts en spirale, et, tout récemment, M. Belleville a imaginé des ressorts composés de feuilles de forme conique (dite en assiette) et appliquées l'une sur l'autre, deux à deux, par leur grande base. Chacune de ces dispositions a ses avantages et ses inconvénients.

Pour construire un bon ressort, il ne faut pas perdre de vue que son but est d'absorber le travail développé par un choc extérieur, afin qu'il n'affecte pas les diverses parties de la voiture ou du wagon, comme aussi pour empêcher que ce choc soit ressenti d'une manière désagréable par les voyageurs.

La masse du ressort, c'est-à-dire son poids, d'une part, et sa flexibilité, c'est-à-dire la course donnée aux parties mobiles, de l'autre, sont les deux éléments constitutifs d'un ressort; mais, comme la course est généralement limitée par l'espace restreint où le ressort peut se mouvoir, la masse ou le poids doit être assez grand. Le succès qu'a eu la forme spirale tient à ce que les spires pouvant entrer les unes dans les autres, à la façon d'un télescope, on peut avec elle, dans un espace relativement restreint, obtenir une grande course.

Ressorts de suspension. — La construction des ressorts de suspension des voitures est l'objet d'une étude constante de la part des ingénieurs; c'est en effet par une bonne suspension qu'on évite au voyageur la plus grande fatigue du chemin. Mais, à côté des conditions dynamiques d'établissement d'un ressort, il y a les dispositions de son attache sur la voiture et sur la boîte à graisse qui dépendent des dimensions de la voiture, de l'écartement des essieux, du profil de la voie, de sa construction, de son état d'entretien, du sous-sol et du ballast, etc. Tous ces éléments variables réclament une attention continuelle; aussi cette question, qui paraît si simple, ne semble-t-elle pas aujourd'hui complétement résolue, à en juger par la variété des dispositions exposées, surtout pour les voitures qui marchent à de très-grandes vitesses.

Digitized by Google

Ressorts de choc et de traction. — Plusieurs ingénieurs reviennent à l'application déjà ancienne d'un ressort pour le choc et d'un autre pour la traction. Cette disposition, qui consiste à avoir, pour chaque effort transmis au châssis, un organe intermédiaire spécial, présente l'avantage de moins fatiguer les assemblages et d'être par conséquent moins fatigant aussi pour les voyageurs.

Les matières employées dans la fabrication sont : les aciers fondus au creuset, les aciers Bessemer, les aciers corroyés et les aciers puddlés. La tension maxima à laquelle l'acier travaille dans les ressorts, correspond à un allongement de 5 millimètres que toutes les qualités d'acier indiquées ci-dessus supportent en général. Mais ce qu'on reproche aux qualités inférieures, c'est de perdre leur flèche de fabrication.

Nous signalerons parmi les fabricants qui ont exposé : MM. Spencer, Turton et Brown, dans la section anglaise, pour la fabrication des ressorts à spirales ; dans la section française, MM. Petin et Gaudet, qui présentent une application complète des ressorts en acier fondu de M. Belleville à un châssis de wagons, et MM. Gouvy frères, qui fournissent à la plupart des chemins de fer français des ressorts en acier corroyé d'Allemagne de bonne qualité.

Caoutchouc. — Le caoutchouc est encore employé par un grand nombre de constructeurs pour les ressorts de choc et pour les ressorts de traction. Nous en trouvons, par exemple, dans les voitures à voyageurs prussiennes, tandis qu'en France on ne l'emploie que pour les tampons de choc et pour les crochets de traction des wagons. Quoi qu'il en soit, on peut dire que les tendances générales sont le retour aux ressorts en acier, tant pour les voitures que pour les wagons.

§ 4. — Boîtes à graisse et à huile.

L'Exposition ne nous a présenté aucune disposition nouvelle de boîtes à graisse et de boîtes à huile. Toutefois, elle a

Digitized by Google

montré que l'huile, comme moyen de graissage, tend de plus en plus à se substituer à la graisse, non pas à cause de ses qualités lubrifiantes, qui sont au-dessous de celles de la graisse, mais à cause de l'économie qu'elle présente, et surtout à cause de sa moins grande déperdition dans les temps chauds et de sa plus grande fluidité dans les temps froids.

A notre avis, la graisse animale est préférable comme matière lubrifiante à toutes les huiles végétales et minérales employées ; mais la difficulté qu'on rencontre à la fabriquer avec le degré de fluidité qu'elle doit avoir suivant la température extérieure lui font, dans la plupart des pays, préférer les huiles ordinaires. Quelques Compagnies de chemins de fer ont néanmoins persévéré dans l'emploi de la graisse ; nous citerons, parmi elles, la Compagnie de Paris-Lyon et la Compagnie de l'Ouest. Aucune boîte autre que celles déjà connues ne s'étant fait remarquer à l'Exposition, nous n'en mentionnerons pas spécialement.

§ 5. — Ferrures.

La fabrication des ferrures de voitures et de wagons a fait, dans ces derniers temps, de grands progrès. L'étampage en matrice sous le pilon a remplacé l'étampage au petit marteau ; il est devenu à peu près général ; aussi les prix de revient ont-ils baissé dans des proportions considérables. En France, c'est presque toujours aux fabricants des Ardennes que les constructeurs s'adressent pour avoir les ferrures à bon marché ; mais nous devons signaler l'atelier de M. Coutant, situé à Ivry, près Paris, où le laminoir a été substitué au marteau pour obtenir, d'une manière continue et sans soudure, le plus grand nombre de pièces. Nous citerons entre autres pièces, comme ayant été obtenues par ces procédés, les *manilles* et les écrous des tendeurs d'attelage, qui sortent du laminoir avec leurs bossages de tête tout formés ; une même barre donne ainsi cinq à six pièces fabriquées d'une seule passe, et qu'il suffit ensuite de détacher à la tranche.

Digitized by Google

Fonte malléable. — Nous mentionnerons aussi l'emploi que depuis quelques années les compagnies font de la fonte malléable, en la substituant avec avantage au laiton et au fer, pour un grand nombre de pièces destinées à la construction des caisses des voitures et à celle des wagons.

L'exposition de M. Dalifol en montre plusieurs applications intéressantes.

CHAPITRE IV.

VOITURES SPÉCIALES.

Nous avons encore à parler de quelques spécimens particuliers de voitures exposées dont nous avons renvoyé la description à la fin de cet rapport, tant à cause de leurs dispositions spéciales que de leur application limitée.

§ 1. — Bureaux ambulants des postes.

Le bureau ambulant de l'administration française ne présente aucune disposition nouvelle ; il répond aux besoins du service tel qu'il est compris en France. Nous nous arrêterons plus longtemps sur le spécimen de bureau de l'administration anglaise, qui nous paraît répondre à toutes les exigences d'un service complet et rapide ; c'est ainsi qu'on y trouve les moyens de laisser et de déposer les dépêches pendant la marche des trains, même à des vitesses de 70 kilomètres à l'heure. Les dispositions usitées et représentées par le spécimen que la Grande-Bretagne a exposé sont en pratique depuis longtemps ; elles ont la sanction de l'expérience, et nous n'avons pas trouvé qu'il pût leur être fait d'objections sérieuses.

De nombreuses tentatives ont été faites en France pour arriver au résultat auquel on s'est arrêté en Angleterre ; on a toujours échoué, par suite de la difficulté d'amortir la quantité de mouvement acquise par les paquets de dépêches abandonnés par le train, et par cet autre difficulté de prendre, au repos,

Digitized by Google

avec des appareils animés de grande vitesse, des paquets de 20 à 30 kilogrammes. L'appareil anglais a résolu le problème par le dépôt, dans chaque cas, du paquet dans une sorte de boîte en filets qu'on développe en saillie, quand le train va passer à la station, et qu'on replie quand on l'a franchie.

L'espace nous manque pour décrire en entier le système simple, économique et très-complet, exposé par l'Angleterre. Nous nous bornons à dire que nous croyons qu'il donne la solution longtemps cherchée du problème.

Signalons encore le large développement que l'administration anglaise a donné à l'installation de ses bureaux ambulants; c'est ainsi qu'elle réunit entre elles, de manière à n'en faire qu'une seule, trois voitures attelées ensemble, communiquant à leurs extrémités par des ponts jetés sur les tampons et abrités par des espèces de cages en cuir en forme de soufflet hermétiquement appliquées contre les parois des baies de communication. Cette installation est complète; on y voit les appareils à potence pour prendre les dépêches, et les filets placés sur le trottoir de la station pour les y recevoir; elle donne enfin une idée parfaite du service dans son ensemble et dans ses moindres détails.

La Prusse nous a présenté aussi le même système à filets pour prendre les dépêches en marche seulement, car le fourgon exposé n'offre aucune disposition pour les laisser. La pratique en Prusse est, paraît-il, de jeter les dépêches au passage des trains sur les trottoirs de la gare. Évidemment, il y a là une lacune que l'appareil anglais comble d'une façon satisfaisante.

§ 2. — Voitures pour le transport des blessés.

La guerre civile qui a désolé pendant quatre ans l'Amérique du Nord a provoqué la construction de voitures spéciales de transport. L'Exposition nous présente un modèle au quart d'exécution d'une voiture pour les blessés, pouvant

contenir trente lits, une pharmacie, des salles pour les chirurgiens et pour les garde-malades.

Cette voiture, longue de 18 mètres environ, est portée sur deux trucs à quatre roues. On y accède par les deux extrémités au moyen de plate-formes larges et commodes ; dans toute la longueur de la caisse règne à l'intérieur un passage de un tiers environ de la largeur, destiné au service. Les lits sont suspendus sur des brancards au moyen de menottes en caoutchouc, et placés sur trois étages. Il y a donc de chaque côté de la voiture, pour les trente lits, cinq divisions avec trois lits superposés. La hauteur de la caisse est de 2m16 ; en outre, il y a au-dessus un lanterneau qui règne dans presque toute la longueur de la voiture, et par lequel on ventile l'intérieur de la caisse. Cette voiture mérite de fixer l'attention.

§ 3. — Voitures à lits.

Le Canada a envoyé à l'Exposition une voiture à lits qui est destinée au chemin du Grand-Tronc. Ce système de voiture est très en usage dans ces pays à longs parcours où on est plusieurs jours en voyage. Il est certain que dans les conditions d'exploitation où se trouvent certains chemins de fer d'Amérique, il faut songer à d'autres voitures que celles employées en Europe.

Il est incontestable que, pour faire le trajet de la ligne qui traversera l'Amérique, de New-York à un point de la côte de la Californie, trajet de près de 5,000 kilomètres, devant durer sept jours, il conviendra d'avoir des voitures spéciales qui offrent toutes les commodités d'un appartement, avec des installations semblables au moins à celles qu'on trouve sur les paquebots. Ce sera un matériel tout différent de celui que nous employons.

La voiture du chemin du Grand-Tronc indique la voie qu'il faut suivre pour le matériel de ces chemins à longs parcours, construits la plupart à travers des terres incultes, et quelquefois à travers des pays encore habités par des peuplades sauvages.

Digitized by Google

§ 4. — Voitures pour le chemin du Mont-Cenis.

L'exploitation du chemin de fer provisoire par la route du Mont-Cenis, concédé à MM. Fell et Cie, doit se faire sur une voie étroite de 1 mètre avec un rail central ; la locomotive possède, outre sa puissance d'adhérence, une puissance égale qu'elle emprunte à la pression de galets horizontaux agissant sur ce rail. Les voitures destinées à l'exploitation de ce petit tronçon, qui aura 79 kilomètres de longueur, seront construites à la façon des omnibus et communiqueront les unes avec les autres par bout, au moyen de ponts jetés sur les tampons. Le chemin étant en rampe maxima de 0m088, chaque voiture portera un frein à sabots, agissant sur les roues, et un autre frein de sécurité armé de mâchoires qui embrasseront le rail central, quand elles seront mises en mouvement. Des galets fixés aux châssis serviront à guider la voiture dans les courbes, pour l'empêcher de dérailler.

La voiture de première classe exposée par la Compagnie du chemin de fer du Mont-Cenis, et construite par MM. Chevalier et Cheilus, indique toutes les dispositions ingénieuses adoptées. Cette voiture pèse vide 3,600 kilogrammes, et peut contenir 12 voyageurs ; son prix est de 4,500 francs.

Nous terminons notre travail par plusieurs tableaux donnant :

1° Les dimensions principales des voitures exposées ;

2° Les dimensions principales des wagons exposés ;

3° Les prix, poids et chargements maximum des voitures et wagons exposés ;

4° Les poids et prix de ces véhicules par voyageur transporté ;

5° Les dimensions principales des roues montées sur essieu, employées dans les chemins de fer français et dans quelques autres pays.

(*Voir la conclusion à la suite des tableaux.*)

Digitized by Google

TABLEAU N° 1. **Dimensions principales des voitures exposées**

NOMS des EXPOSANTS.	DÉSIGNATION des VOITURES.	LONGUEUR du châssis.	LONGUEUR de la caisse.	LARGEUR de la caisse.	HAUTEUR de la caisse du plancher au plafond.	NOMBRE d'essieux.
SECTION FRANÇAISE.		m	m	m	m	
Compagnie des chemins de fer de l'Est........	Voiture de 1re classe, avec coupé-lit..............................	6.50	6.55	2.80	1.90	2
Idem.	Voiture à deux étages. { 1er étage. / 2e étage.	8.10	7.30 / 7.35	2.80 / 2.45	1.65 / 1.64	2
Compagnie du chemin de fer d'Orléans..........	Voiture de 1re classe............	6.00	6.20	2.60	1.88	2
Compagnie du chemin de fer du Midi...........	— mixte (1re et 2e classe)..	7.00	7.10	2.54	1.85	2
Fell et Cie (chemin de fer du Mont-Cenis)....	— de 1re classe............	4.45	4.49	1.96	2.00	2
Vidard..................	Voiture à deux étages pour chemins de fer départementaux.... { 1er étage. / 2e étage.	6.25	5.50 / 5.45	2.50 / 1.90	1.65 / 1.67	2
Bonnefond et Cie.......	Voiture de 2e classe pour la Compagnie de l'Est...............	7.00	7.17	2.80	1.80	2
Idem.	Voiture de 3e classe pour la Compagnie d'Orléans..............	6.65	6.85	2.62	1.76	2
Chevalier et Cheilus....	Voiture de 1re cl., à coupé (pour la Compagnie de P.-L.-M.).....	7.25	7.65	2.65	1.83	3
Delettrez père..........	Voiture de 1re classe (pour la Compagnie du Nord)..............	6.15	6.30	2.50	1.74	2
Idem.	Voiture de 2e classe à frein (pour la Compagnie de l'Ouest)......	6.70 Escal. 0.55	6.80	2.62	1.93	2
Idem.	Voiture de 3e classe (pour la Compagnie de l'Est)...............	7.00	7.30	2.80	1.80	2
SECTION DES PAYS-BAS.						
Bejnes à Harlem	Voiture mixte....................	7.35	7.40	2.75	1.98	2
Cie du chemin de fer de l'État néerlandais.....	Voiture mixte (1re et 2e cl.).....	8.60	8.63	2.67	1.95	2
SECTION DE LA PRUSSE ET DES ÉTATS DE L'ALLEMAGNE DU SUD.						
Société pour la fabrication du matériel de chemins de fer, à Berlin..	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Halle-Cassel)............	8.20	8.23	2.60	2.00	2
	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Berlin à Stettin)........	7.55	6.30	2.75	2.02	2
Lüders, à Görlitz.......	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Halle-Cassel)...........	7.65	7.80	2.55	2.00	2
SECTION BELGE.						
Ch. Evrard (Cie de matériels de chemins de fer, à Bruxelles)......	Voiture mixte.....................	6.90	7.00	2.70	2.00	2
SECTION SUISSE.						
Société industrielle de Schaffouse	Voiture mixte (2e et 3e classe)...	8.83	7.10	2.90	2.17	2

Digitized by Google

dans les sections française et étrangères.

ÉCARTEMENT des essieux extrêmes.	NOMBRE DE COMPARTIMENTS. 1re cl.	2e cl.	3e cl.	NOMBRE DE PLACES par COMPARTIMENTS. 1re cl.	2e cl.	3e cl.	NOMBRE de places.	SURFACE du plancher.	NOMBRE de voyageurs par mètre carré.	OBSERVATIONS.
m								m. c.		
3.60	2 1 coupé-lit	» »	» »	8 3	» »	» »	19	18.34	1.03	Trois lits disposés longitudinalement.
3.69	1 »	2 »	1 1	8 »	10 »	10 40	78	20.44 »	3.81	Le 2e étage a des banquettes transversales avec un passage suivant l'axe de la voiture.
3.50	3	»	»	8	»	»	24	16.12	1.48	
4.00	2	2	»	8	10	»	36	18.03	1.99	
1.80	1	»	»	12	»	»	12	8.80	1.36	
2.90	2 »	1 »	1 1	4 »	10 »	10 24	32	13.75 »	3.78	Le 2e étage a ses deux banquettes disposées longitudinalement.
3.60	»	4	»	»	10	»	40	20.07	1.99	
3.57	»	»	5	»	»	10	50	17.95	2.85	
4.10	3 1 coupé lit	» »	» »	8 4	» »	» »	28	20.27	1.38	Lit formé par le coussin correspondant à trois places, qu'on peut avancer, et water-closet.
4.00	3	»	»	8	»	»	24	15.75	1.52	
3.70	»	4	»	»	10	»	40	17.68	2.26	
3.60	»	»	5	»	»	5	50	20.44	2.44	
4.00	2	2	»	8	10	»	36	20.35	1.77	
4.70	2 coupés.	3	»	4	10	»	38	23.04	1.65	
4.85	1 4 cabinets	Salon. »	» »	7 1	12	»	23	21.39	1.07	Le compartiment de 1re classe et le salon de 2e classe peuvent communiquer chacun avec un cabinet; le cabinet comprend un fauteuil de malade et un water-closet; deux cabinets sont indépendants.
4.40	1	»	»	6	16	»	22	17.32	1.27	
4.85	1 1	2	»	6 8	8	»	30	19.90	1.50	
3.60	1 coupé. 1	1	1	4 8	10	10	32	18.90	1.69	
4.50	»	1	1	»	16	20	36	23.61	1.46	Banquettes transversales avec passage suivant l'axe.

Digitized by Google

TABLEAU N° 2.

Dimensions principales des wagons exposés dans les sections française et étrangère.

NOMS DES EXPOSANTS.	DÉSIGNATION DES VOITURES.	LONGUEUR du châssis.	LONGUEUR de la caisse.	LARGEUR de la caisse.	HAUTEUR de la caisse du plancher au plafond.	NOMBRE d'essieux.	ÉCARTEMENT des essieux extrêmes.
SECTION FRANÇAISE.		m	m	m	m		m
Compagnie des chemins de fer de l'Est..	Fourgon à bagages avec frein Stilmant....	5.50	5.60	2.60	2.05	2	2.63
Idem. ...	Fourgon à bagages avec frein Achard.....	5.80	5.85	2.60	2.00	2	3.60
Compagnie des chemins de fer de Lyon..	Fourgon à bagages........................	6.70	6.75	2.40	1.95	3	4.00
Idem. ...	Wagon à houille..........................	5.50	5.50	2.35	0.76	2	2.70
Vidard................................	Truck à train brisé	7.95	8.00	2.60	»	2	4.15
Chevalier, Cheilus jeune et Cie........	Bureau ambulant pour les postes..........	6.60	6.80	2.60	2.15	2	3.70
SECTION DES PAYS-BAS.							
Cie des chem. de fer de l'État néerlandais.	Fourgon à bagages (postes)................	6.93	6.95	2.45	1.00	2	4.15
SECTION BELGE.							
Compagnie belge de matériels des chemins de fer..........................	Fourgon à marchandises...................	6.00	6.00	2.50	2.95	2	2.25
SECTION PRUSSIENNE.							
Société pour la fabrication du matériel des chemins de fer................	Bureau pour la poste.....................	7.50	7.20	2.50	2.00	2	4.85
Lüders, à Görlitz......................	Fourgon à marchandises de Hale-Cassel...	6.25	6.24	2.55	2.00	2	3.75
Ruffer, à Breslau......................	Wagon à houille..........................	5.40	5.10	2.56	1.00	2	2.98
Schmidt et Cie, à Breslau.............	Wagon à houille..........................	5.79	5.79	2.56	0.88	2	3.45
Carl Veyer et Cie, à Dusseldorf........	Wagon à houille..........................	4.65	4.65	2.40	0.70	2	[illegible]

Digitized by Google

Prix, poids et chargement maximum des voitures et wagons exposés dans les sections française et étrangères.

Tableau N° 3.

SECTIONS.	DÉSIGNATION DES EXPOSANTS.	DÉSIGNATION DES VOITURES ET WAGONS.	PRIX à l'usine.	POIDS du véhicule vide.	MAXIMUM de chargement.
Française	Fell et Cie (chemin de fer du Mont-Cenis)	Voiture de 1re classe	4,500fr	3,600kil	12 places.
	Chemins de fer du Midi	Voiture mixte	10,617	7,200	36 places.
	Chemins de fer de l'Est	Voiture à deux étages	11,000	7,500	78 —
		Voiture de 1re classe	12,000	7,500	19 —
		Fourgon à bagages avec frein Sohnant	3,600	5,950	10,000 kilog.
		Id. avec frein Achard	5,300	6,850	5,000 —
	Chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée	Fourgon à bagages	4,188	7,600	3,500 —
		Wagon à houille	2,724	5,360	10,000 —
		Voiture à deux étages p. chemins de fer départementaux.	7,250	5,500	52 places.
	Vidard	Truck à train brisé	3,500	6,600	16 tonnes.
	Ch. Bonnefond (pour le chemin de l'Est)	Voiture de 2e classe	6,350	7,300	40 places.
	Id. (pour le chemin d'Orléans)	Voiture de 3e classe	4,700	6,280	50 —
	Chemin de fer d'Orléans	Voiture de 1re classe	10,000	6,230	24 —
	Delettrez (pour le chemin de fer du Nord)	Voiture de 1re classe	10,420	6,780	24 —
	Id. (pour le chemin de fer de l'Ouest)	Voiture de 2e classe (à frein)	6,754	5,900	40 —
	Id. (pour le chemin de fer de l'Est)	Voiture de 3e classe	5,3.0	6,700	50 —
	Chevalier, Cheilus (pour le chemin de Lyon)	Voiture de 1re classe	12,000	8,640	28 places.
	Id. (pour les chemins de l'Ouest)	Wagon-poste	9,000	6,750	3,000 —
	Id.	Wagon à houille	2,050	4,130	10,000 —
Néerlandaise	Bejnes à Harlem	Voiture mixte	13,000	7,500	36 places.
	Cie des chem. de fer de l'État néerlandais	Id.	13,182	8,174	38 —
	Id. Id.	Fourgon à bagages	7,180	6,890	10 tonnes.
Belge	Compagnie belge de matériels de chemins de fer	Voiture mixte	16,000	9,000	32 places.
		Wagon à marchandises	5,500	6,800	10,000 kilog.
Prussienne	Société pour la fabrication du matériel de chemins de fer, à Berlin	Voiture	12,187	8,85[illegible]	23 places.
		Voiture mixte	12,037	8,850	22 —
		Wagon-postes	10,687	9,500	4,000 kilog.
		Voiture mixte	10,875	9,750	30 places.
	Lüders, à Görlitz	Fourgon à marchandises	1,125	6,500	10,000 kilog.
	Ruffer, à Breslau	Wagon à houille	4,500	5,500	11,000 —
	Schmidt et Cie, à Breslau	Id.	3,800	5,100	10,500 —
	Carl Weyer et Cie, à Dusseldorf	Id.	3,731	5,250	10,000 —
Suisse	Société industrielle de Schaffouse	Voiture mixte	7,200	7,500	36 places.

TABLEAU N° 4.

Poids et prix de chaque voiture par voyageur.

NOMS DES EXPOSANTS.	DÉSIGNATION DES VOITURES.	POIDS de chaque voiture par voyageur.	PRIX de chaque voiture par voyageur.
SECTION FRANÇAISE.			
Compagnie des chemins de fer de l'Est	Voiture de 1re classe à coupé-lit	389 kil.	632 fr.
	Voiture à deux étages	96	141
Compagnie du chemin de fer d'Orléans	Voiture de 1re classe	260	416
Compagnie du chemin de fer du Midi	Voiture mixte (1re et 2e classes)	200	294
Fell et Cie (chemin de fer du Mont-Cenis)	Voiture de 1re classe	300	375
Vidard	Voiture à deux étages (pour chemins de fer départementaux)	106	139
Ch. Bonnefond et Cie	Voiture de 2e cl. (pour la Compagnie des chemins de fer de l'Est)	182	158
	Voiture de 3e cl. (pour la Compagnie du chemin de fer d'Orléans)	123	94
Chevalier, Cheilus jeune et Cie	Voiture de 1re classe, à coupé (pour la Compagnie de P.-L.-M.)	308	428
Delettrez père	Voiture de 1re classe (pour la Compagnie du Nord)	283	431
	Voiture de 2e classe (pour la Compagnie de l'Ouest) (à frein)	160	169
	Voiture de 3e classe (pour la Compagnie de l'Est)	134	106
SECTION DES PAYS-BAS.			
Bejnes à Harlem	Voiture mixte	208	361
Cie des chemins de fer de l'État néerlandais	Voiture mixte	223	374
SECTION DE LA PRUSSE ET DES ÉTATS DE L'ALLEMAGNE DU SUD.			
Société pour la fabrication du matériel des chemins de fer	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Halle à Cassel)	385	530
	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Berlin à Stettin)	402	547
Lüders, à Görlitz	Voiture mixte (pour le chemin de fer de Halle à Cassel)	325	362
SECTION BELGE.			
Ch. Evrard (Compagnie de matériels de chemins de fer)	Voiture mixte	281	500
SECTION SUISSE.			
Société industrielle de Schaffouse	Voiture mixte (2e et 3e classes)	208	200

Digitized by Google

DIMENSIONS PRINCIPALES

DES

ROUES MONTÉES SUR ESSIEU.

Dimensions principales des

TABLEAU N° 5.

SECTIONS	NOMS DES EXPOSANTS		FUSÉE.	
			Diamètre.	Longueur.
Française	Chemins de fer du Midi	N° 1	80 mil.	170 mil.
		N° 2	85	170
	Compagnie des chemins de fer de l'Est		80	160
	— — du Nord		80	170
	Compagnie du chemin de fer d'Orléans	voyageurs	72	150
		marchandises	72	155
	Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon	N° 2	75	160
		N° 8	85	170
	Compagnie des chemins de fer de l'Ouest	dernier type	80	160
Des Pays-Bas	Cie des chemins de fer de l'État Néerlandais		82.5	132.5
	Bejnes à Harlem		76	132
De la Prusse et des États de l'Allemagne du Sud	Société pour la fabrication du matériel des chemins de fer	(voiture mixte avec cabinets)	»	»
		(voiture mixte ordinaire)	»	»
	Schmidt et Cie (wagon à houille)		96	187
	Carl Veyer (wagon à houille)		78.5	144
	Ruffer (wagon à houille)		»	»
	Lüders à Görlitz		90	150
	Roues pour le chemin de fer de la haute Italie		80	150
	— de Krupp (pour les chem. de fer Rhénans)		90	150
	— de Hoerder (pour le chemin de fer de Minden à Cologne)		80	170
De la Suède	Roues de Zethelius (pour le chem. de fer de l'État)		90	175
Belge	Ch. Evrard		80	130
Suisse	Société industrielle de Schaffouse		»	»
Italienne	Fourgon-écurie		»	»

CONCLUSION.

En résumé, il résulte de l'ensemble des produits exposés que nous venons d'examiner : que le type de voiture à compartiments isolés se généralise en Europe ; que le confortable, dans toutes les classes de voitures, est augmenté par un es-

Digitized by Google

mes montées sur essieu.

CORPS DE L'ESSIEU.			Diamètre des roues au contact des rails.	Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.	Charge maxima par essieu.	NATURE des MATÉRIAUX.	
Diamètre au milieu.	Diamètre près la portée de calage.	Diamètre de la portée de calage.				Essieux.	Bandages.
110 mil.	124 mil.	120 mil.	0.935 1.010	0.0855 0.0792	7,600 k.	Fer..............	Fer et acier.
130	130	120	1.010	0.084	7,600		
110	120	120	1.030	0.0777	6,000	Fer et acier.......	Fer et acier.
120	134	130	0.935	0.0855	6,500	Fer...............	Fer.
95	115	110	1.030	0.0700	4,000	Fer et acier......	Fer et acier.
105	124	120	1.030	0.070	6,600		
100	110	105	0.920	0.0815	3,200	Fer...............	Fer et acier.
103	127	122	0.930	0.0913	6.930		
115	140	130	1.010	0.079	6,600	Fer..............	Acier.
115	125	124	0.960	0.086	»	Fer...............	Fonte.
110	120	125	1.000	0.076	»	»	»
115	125	125	1.975	»	»	»	»
130	130	130	0.980	»	»	»	»
110	125	125	0.955	0.102	7,050	»	Fonte.
110	118	118	0.970	0.080	6,900	»	Acier.
110	125	120	0.985	»	7,500	»	»
115	125	123	0.975	0.092	7.500	»	»
118	»	123	0.965	0.082	»	Acier puddlé.	Acier puddlé.
115	»	125	0.975	0.092	»	Acier fondu forgé.	Acier fondu.
120	»	130	0.970	0.082	»	Acier Bessemer...	Acier Bessemer
115	»	125-132	0.925	0.097	»	Acier puddlé	Acier puddlé.
110	130	120	0.980	0.081	7,600	Fer...............	Fer.
103	115	120	1.020	»	4,250	Fer..............	Acier.
105	»	120	0.900	»	»	»	»

pace plus grand donné au voyageur dans toutes les dimensions de la caisse et par d'autres dispositions intérieures ; que le fer tend de plus en plus à remplacer le bois dans les châssis ; que la solidité du matériel destiné au transport des marchandises s'accroît et que l'emploi du fer dans la charpente de la caisse se généralise ; que le problème de la communication

Digitized by Google

des voyageurs avec les agents du train semble résolu; que, dans la construction des roues, le fer et l'acier sont également employés, sans qu'on puisse préciser auquel de ces deux métaux on donne la préférence; que les roues à centre plein offrent de très-nombreuses applications; que le graissage à l'huile se répand de plus en plus, et qu'enfin on paraît préférer l'acier à tout autre corps pour la fabrication des ressorts de suspension, de traction et de choc.

Digitized by Google

SECTION V

SIGNAUX OPTIQUES ET ACOUSTIQUES

Par M. J. MORANDIERE.

Le développement de la circulation sur les chemins de fer a de plus en plus démontré l'importance, pour la sécurité publique, des signaux fixes et mobiles propres à régler l'écartement des trains et leur direction aux embranchements, à faciliter les relations du mécanicien avec les chefs de gare, les garde-lignes et les aiguilleurs, celles des conducteurs avec les mécaniciens, et enfin celles des voyageurs avec les conducteurs. La nécessité de tenir l'attention constamment éveillée, le jour et la nuit, et d'intéresser diverses classes d'agents dans le même risque, de façon à solidariser la responsabilité entre eux, le besoin de s'aider de la télégraphie, soit pour faire précéder les trains d'indications utiles, soit pour faire mouvoir les appareils indicateurs de la position des signaux à distance, tout cet ensemble, constamment en voie d'étude et d'améliorations, a constitué un art et a amené la création d'un service dont le travail est incessant et lutte sans relâche pour réduire la part de risques que l'oubli ou la négligence peuvent entraîner.

Le régime des signaux, adopté à l'origine, était bien distinct dans les trois pays d'Angleterre, d'Allemagne et de France; mais, peu à peu, ces régimes se sont rapprochés les uns des autres, en s'empruntant réciproquement certaines dispositions

Digitized by Google

que les circonstances de l'exploitation avaient indiquées comme nécessaires dans certains cas. L'Exposition de 1867 nous offre des exemples qui montrent toute l'importance de cette question, et combien on est arrivé à perfectionner les solutions diverses. Les Expositions de 1855 et de 1862 ne nous ayant montré que peu de choses sur ce sujet, et n'ayant eu surtout aucun caractère d'ensemble, il est nécessaire, pour comprendre l'Exposition de 1867, d'entrer dans quelques détails préliminaires sur les principes et l'organisation des signaux.

En Angleterre, comme en France, les dispositions sont prises comme si un train était toujours attendu ; l'absence de signaux signifie *voie libre*, et le train ne se ralentit ou ne s'arrête que sur la présentation d'un signal vert ou rouge. La différence entre les deux pays consiste surtout dans la position des mâts de signaux placés aux points importants, et notamment aux gares de bifurcation. En Angleterre, ce sont, en général, des sémaphores placés au point même à protéger, et ils doivent être aperçus de loin. Quelques lignes, mais c'est la minorité, emploient des mâts munis de disques tournants, qui devancent le point à protéger d'une certaine distance calculée suivant la vitesse des trains ; la manœuvre se fait au moyen d'une transmission en fil de fer. C'est ce système qui, inventé en France en 1846, y a prévalu, et s'est développé à l'exclusion de tout autre. La transmission des fils, très-défectueuse à l'origine, est devenue aujourd'hui parfaitement sûre, et les chemins de fer anglais, qui s'étaient bornés à protéger les gares par des signaux placés dans l'intérieur même de la gare, reconnaissant actuellement les avantages de l'autre système, font souvent précéder le sémaphore principal placé au point à couvrir, d'un signal avancé, manœuvré par un fil, qui prévient le train de la position du signal principal. Comme on le voit, les deux systèmes tendent à s'uniformiser.

En Allemagne, le principe adopté tout d'abord, et encore en vigueur, est tout opposé ; la voie est considérée comme étant toujours fermée, et un train ne doit s'avancer qu'autant

Digitized by Google

que sa marche est précédée de signaux qui se dressent à son approche et lui annoncent à la fois qu'il est attendu et que la voie est libre. En d'autres termes, *absence de signal* signifie *danger, arrêt.* Pour réaliser ces conditions, les chemins de fer allemands ont employé les signaux optiques sur une grande échelle et multiplié le personnel des garde-lignes, lesquels sont placés de telle manière que chacun d'eux voit toujours les signaux du garde le plus rapproché de lui, à sa gauche et à sa droite. Le signal est en général un bras de sémaphore qui se lève et s'adresse à deux personnes : 1° au garde-ligne suivant, auquel il annonce l'approche du train ; 2° au personnel du train, auquel il montre qu'on l'attend et que la voie est libre. Ce système, appliqué avec diverses variantes de détail dans toute l'Allemagne, présente autant de sécurité que le système anglo-français, surtout pour des chemins où la circulation est moyenne, et où les grandes vitesses sont rares ; la multiplicité du personnel qu'il exige est acceptable dans un pays où les salaires sont relativement peu élevés.

Le principe des chemins allemands paraît avoir certains avantages de sécurité pour les chemins à voie unique. Ainsi, supposons que, par suite d'erreur, deux trains s'avancent l'un vers l'autre, chacun étant précédé de poste en poste du signal de voie libre, il arrivera un moment où le même garde apercevra deux signaux qui se dressent, un de chaque côté de lui, et il lui suffira de ne pas lever ses propres signaux pour commander l'attention, puis l'arrêt des trains. Une application dans ce sens est à l'étude sur le chemin de fer du Nord français.

Ces préliminaires posés, arrivons maintenant à l'Exposition.

Le progrès le plus saillant est la connexion établie entre les signaux et les aiguilles, au moyen des enclanchements réciproques de leurs leviers de manœuvre (système Vignier). Son but et son effet est de rendre impossibles les rencontres de trains, tant aux bifurcations que dans tous les points où deux voies se croisent ou se confondent en une seule. Prenons pour exemple une simple bifurcation. Sur un chemin de fer à deux

Digitized by Google

voies, il y a toujours une des deux voies qui coupe l'autre; en outre, il y a toujours deux voies qui se réunissent en une seule. Néanmoins, pour certaines directions, on peut admettre deux trains à la fois : or, il peut arriver, lorsque les leviers de manœuvre des signaux sont indépendants des leviers de manœuvre des aiguilles, et bien qu'un seul agent, muni d'instructions précises, soit seul chargé de l'ensemble des manœuvres, que l'aiguilleur, croyant l'aiguille convenablement faite, donne le signal de voie libre aux deux trains, et amène ainsi une rencontre. Pour éviter cela, M. Vignier a muni de trous une partie des tringles des leviers des signaux et des aiguilles, tandis que l'autre partie des leviers est munie de tringles qui peuvent pénétrer dans les trous que l'on a eu soin de placer vis-à-vis, et peuvent ainsi produire l'enclanchement de tel signal ou telle aiguille qu'on voudra. Il suffit donc de disposer ces enclanchements de telle sorte que deux directions qui se rejoignent, ne puissent être ouvertes à la fois. Ainsi, par exemple, tous les signaux étant tournés à l'arrêt, comme cela est de rigueur, si un train vient à demander passage, l'aiguilleur, en manœuvrant le disque pour lui ouvrir la voie, enclanchera par ce seul mouvement et condamnera tous les autres disques ou aiguilles dont la manœuvre serait dangereuse. Si, par hasard, une des aiguilles était mal placée, son enclanchement ne pouvant avoir lieu, l'aiguilleur ne pourra ouvrir le signal au train, et sera ainsi prévenu de l'oubli qu'il a fait. Ce système est composé de pièces robustes, d'un entretien nul, et n'est pas susceptible de manquer. Essayé dès 1854 sur le chemin de fer de l'Ouest, il a été sanctionné par l'expérience, et son emploi a pris une extension rapide; il est également adopté par les autres chemins de fer français. M. Vignier, son auteur, conducteur principal au chemin de fer de l'Ouest, n'a pris aucun brevet, et, par suite, n'a recueilli d'autres avantages pécuniaires de cette invention que ceux qui lui ont été faits spontanément par la Compagnie; il a donc d'autant plus mérité les récompenses honorifiques qui lui ont été décernées.

Digitized by Google

Le système des enclanchements a été vite apprécié par les Anglais, mais il s'est répandu comme se généralisent les inventions dans ce pays, c'est-à-dire sous l'influence de l'industrie privée. C'est ce que nous montre l'exposition de MM. Saxby et Farmer, dans la section anglaise. Ces constructeurs se sont associés pour l'exploitation d'un brevet relatif aux enclanchements dont ils n'ont conservé que le principe en l'appliquant au système de signaux usités en Angleterre. Quelques essais isolés ayant amené la confiance, ils ont obtenu du South-Eastern une application en grand dans la gare de Charing-Cross, à Londres. La Compagnie, après avoir arrêté le plan de sa gare et son mode d'exploitation, a donc remis ces renseignements à MM. Saxby et Farmer, qui ont fait toutes les études et l'installation de leur système. Les résultats ayant été très-satisfaisants, la même disposition a été adoptée pour la gare de Cannon-Street, à Londres. Nous la citerons, comme étant la plus récente et la plus compliquée. La gare comprend 32 aiguilles dans une longueur de 200 mètres ; à ces aiguilles, et aux divers trottoirs d'arrivée et de départ, se rattachent 35 signaux, dont 5 à distance et 6 secondaires. Aucune manœuvre de train ou de machine ne se fait sans être autorisée par un signal. Les 67 leviers de manœuvre des divers appareils sont rangés côte à côte dans une guérite large de 2 mètres et longue de 15 mètres, perpendiculairement aux voies ; le plancher est à 5 mètres au-dessus des rails, et la guérite est surmontée de 4 mâts portant les signaux. Au-dessous des leviers et du plancher sont disposées des séries de tringles mises en mouvement par les leviers, comme dans le système Vignier, et qui opèrent l'enclanchement ou le déclanchement des signaux et aiguilles convenables. Les leviers d'aiguilles sont peints en noir ; les leviers de signaux sont en rouge pour les départs, en bleu pour l'arrivée et en jaune pour les signaux à distance. Chaque levier porte sur son côté une série de numéros rappelant aux agents les autres leviers solidaires. Le personnel se compose de quatre hommes : deux aiguilleurs pour les ai-

Digitized by Google

guilles et signaux, et deux employés pour recevoir des indications télégraphiques annonçant les trains.

La sécurité obtenue par ces dispositions a fait naître divers systèmes remplissant le même but et dont quelques-uns sont représentés dans l'exposition anglaise; mais ils n'agissent pas avec la même perfection ou la même commodité que celui de MM. Saxby et Farmer.

M. Brame, ingénieur en chef des ponts et chaussées, attaché au service du contrôle des chemins de fer, a publié un ouvrage remarquable et très-complet sur les signaux des chemins de fer français à deux voies. Mais trouvant que la seule exposition d'un livre ne parle pas assez aux yeux, M. Brame a eu l'heureuse idée de demander aux compagnies d'exposer les spécimens décrits dans son travail, et il s'est chargé de leur installation dans le parc. Les disques ou sémaphores exposés sont de beaux échantillons de travaux en fonte et en fer, et indiquent le soin qu'on apporte dans l'établissement de ces principaux auxiliaires de la sécurité.

Nous avons déjà dit que la grande difficulté avait été la transmission en fil de fer qui se déréglait par suite des dilatations; aussi voyons-nous divers systèmes de compensation qui tous atteignent parfaitement leur but. Pour les disques à deux fils un réglage convenable, décrit avec beaucoup de détails dans l'ouvrage de M. Brame, permet d'assurer leur bon fonctionnement en tout temps. On trouve également des exemples d'application de l'électricité, soit pour faire reconnaître qu'un disque, placé hors de la vue de l'agent qui le manœuvre, a bien fonctionné, soit pour indiquer que la lanterne s'est éteinte pendant la nuit, et cela en mettant en mouvement la sonnerie d'une trembleuse placée à portée du personnel de surveillance. On trouve également quelques signaux de formes spéciales, tels que les sémaphores de Lyon, le disque carré et écartelé du Nord, le signal spécial de présence d'un train dans un souterrain du Nord, les signaux *d'arrêt absolu* de l'Ouest, comprenant l'ancien *signal à potence* et le nouveau

Digitized by Google

signal (1) carré rouge, à pétard, imaginé par M. Regnault, et dont la particularité consiste à présenter la nuit 2 feux rouges; ces 2 feux sont produits par un bec dont la lumière est réfléchie par 2 glaces à 45 degrés sur 2 écrans en verre rouge: le verre est dépoli pour éviter que le rayonnement et la diffusion ne fassent confondre, à distance, les 2 feux en un seul; tous se rapportent à des emplois spéciaux, dont le détail sortirait du but de ce Rapport; toutefois nous croyons utile d'appeler l'attention des ingénieurs et aussi celle des chefs d'exploitation de chemin de fer sur l'ensemble des dispositions adoptées au chemin de fer du Nord pour défendre les bifurcations; et pour tous ces renseignements, pour ainsi dire techniques, nous renvoyons à l'excellent ouvrage, déjà cité, de M. Brame.

Nous allons du reste lui faire un emprunt pour décrire le modèle en relief exposé par la Compagnie du chemin de fer du Nord, et représentant les travaux faits à la bifurcation du poteau kilométrique 3 (dans la plaine Saint-Denis) pour supprimer les coupements de voie à niveau et éviter ainsi les accidents, tout en activant le service des trains.

« Cinq voies sont établies entre Paris et les fortifications pour desservir les lignes de Creil par Pontoise, de Creil par Chantilly, et de Soissons. Afin de faciliter le service de la ligne principale qui passe par Chantilly, la voie de départ correspondant à cette direction a été placée à l'extrême gauche, le long du quai qui borde les salles d'attente. Les voies de départ et d'arrivée de la ligne de Pontoise viennent ensuite. La quatrième est affectée au départ pour Soissons; la cinquième, enfin, sert au retour de Chantilly et de Soissons. Cette disposition, justifiée, ainsi qu'il est dit plus haut, par des convenances de service, nécessite la traversée des voies de Pontoise par la voie de départ de Chantilly, pour faire reprendre à cette dernière sa position topographique. De plus, la gare des marchandises de La Chapelle, qui se trouve à droite des voies

(1) Ce signal tout récent ne se trouve pas décrit dans l'ouvrage de M Brame.

Digitized by Google

principales, doit se relier avec chacune des trois directions. Précédemment, les traversées se faisaient à niveau et étaient protégées par les signaux ordinaires. La Compagnie du chemin de fer du Nord a modifié cette situation et a remplacé les traversées à niveau par des passages en dessous. Elle a pu, au moyen de travaux considérables conçus de la façon la plus ingénieuse, supprimer, pour les bifurcations nombreuses qui se trouvent à la sortie de Paris, les coupements à niveau des voies sur lesquelles s'effectuaient des mouvements en sens inverse. C'est, on le sait, le principal danger que présentent les bifurcations. Ces travaux, aussi remarquables au point de vue de la conception qu'à celui de l'exécution, ont été faits sans interrompre ni même modifier la circulation sur aucune voie. Ils sont aujourd'hui complétement terminés. Voici en quoi ils consistent :

Un premier pont est établi pour donner passage à la voie de départ des marchandises par-dessus la voie commune au retour de Soissons et de Chantilly. Cette voie de départ des marchandises se confond ensuite avec la voie de départ de Soissons et s'en détache aussitôt pour passer, au moyen d'un second pont, par-dessus les deux voies de Pontoise. La voie de départ Soissons passe, par un troisième pont, au-dessus de la voie de retour Chantilly. Enfin, un quatrième pont, situé entre le passage à niveau du Landy et la route de la Révolte, livre passage, par-dessous les voies de Pontoise, à la voie de départ Chantilly. »

Ce système des passages superposés de lignes de fer se croisant vient d'être appliqué en France (à Saint-Cloud), et en Angleterre, mais sur une bien moins grande échelle.

L'Allemagne ne nous a envoyé que deux échantillons de ses signaux optiques ; ils sont donnés uniquement comme spécimen de construction et sont employés sur la ligne de l'Est Prussien, l'une des rares lignes allemandes qui fasse usage de quelques signaux manœuvrés à distance.

L'Allemagne emploie aussi des signaux acoustiques pour

Digitized by Google

prévenir de la marche des trains. C'est, pour mieux dire, un télégraphe électrique qui, au lieu de parler par un cadran, parle au moyen d'une forte sonnerie placée dans chaque gare et à chaque maison de garde. Le passage d'un courant d'induction fait fonctionner la sonnerie et annonce qu'un train part de la station la plus voisine. La Compagnie du Nord a mis ce système à l'essai sur la ligne d'Amiens à Tergnier. — Nous ne parlerons pas, du reste, autrement des appareils électriques pour signaux de chemins de fer, parce qu'ils se trouvent à l'Exposition dans la classe 64.

L'Autriche nous a envoyé un signal d'un système particulier, déjà présenté à l'Exposition de Londres et dû à M. Bender. Dans ce signal, la lumière est placée à l'intérieur; elle sort par une ouverture centrale devant laquelle est un réflecteur qui la renvoie sur le disque lui-même ; de sorte que l'effet produit est de montrer, la nuit, exactement le même signal que le jour. Cette solution est utile lorsqu'on est conduit à employer des signaux de nuit autres que le ralentissement (feu vert) ou l'arrêt (feu rouge), et c'est le cas en Allemagne et en Autriche, où presque toutes les aiguilles sont munies d'un signal indiquant la position de l'aiguille et le sens de la déviation. Aussi le signal exposé par M. Bender affecte-t-il la forme d'une flèche : lorsque le mécanicien la voit par la tranche, c'est signe qu'il va suivre la voie principale ; s'il la voit de face, la pointe de la flèche lui indique le sens de la déviation qui lui est ouverte. En France et en Angleterre on se contente de mettre des signaux de direction seulement aux aiguilles très-importantes et aux bifurcations.

Pour terminer notre exposé des signaux acoustiques, il nous reste à parler des signaux détonnants ou *pétards*, que l'on cherche à utiliser le plus possible. On les adapte, en temps ordinaire, à certains signaux d'arrêt qui doivent être respectés d'une manière absolue, et où ils servent à la fois d'avertissement sûr et de contrôle ; en outre, la Compagnie de Lyon les emploie d'une manière heureuse à répéter, en temps de

brouillard, le signal du disque, qui ne peut alors se voir de loin. A cet effet, et en temps de brouillard, deux pétards, placés de 400 à 700 mètres en avant du disque, sont mis en mouvement en même temps que lui, par une transmission qui prolonge la sienne, et viennent se poser sur le rail, de manière à avertir le mécanicien qu'il ait à prendre ses précautions avant d'atteindre le disque.

En commençant ce chapitre nous avons indiqué parmi les signaux intéressant la sécurité, ceux qui sont destinés à mettre les agents d'un train en communication entre eux ou avec les voyageurs. Ces signaux font nécessairement partie des véhicules et on les trouvera décrits dans le chapitre du matériel roulant.

Digitized by Google

SECTION VI

MODÈLES, PLANS ET DESSINS DE GARES, DE STATIONS, DE REMISES ET DE DÉPENDANCES DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER,

Par M. J. MORANDIÈRE.

Les dispositions diverses des établissements accessoires des chemins de fer, dont les dessins ou les modèles sont exposés, ne représentent qu'une faible partie des progrès accomplis, sous ce rapport, depuis la dernière Exposition. A part les charpentes métalliques de grande portée, dont la description rentre dans le chapitre de la construction proprement dite, nous avons à signaler l'introduction, sur une large échelle, des engins mécaniques propres à la manœuvre des wagons, des machines et des marchandises. Les gares des chemins de fer sont devenues de véritables ateliers, dans lesquels les appareils mécaniques ne sont plus l'accessoire : ils sont l'œuvre principale. Le service de l'Exposition elle-même en a offert la preuve. Les plus larges dispositions avaient été prises dans le dessin des voies. Les abords étaient faciles, la répartition des wagons y trouvait, pour ainsi dire, autant de garages que de classes de produits; tous les objets lourds pouvaient ainsi arriver à pied d'œuvre. Mais pour les manutentions d'élévation des fardeaux, l'industrie devait offrir les appareils mécaniques, et c'est par l'absence ou l'insuffisance de ces indispensables outils que des lenteurs et des

complications se sont produites. Il est vrai que le chargement des wagons étant faible, à cause de la forme des emballages, leur nombre fut en conséquence considérable. L'embarras dura peu d'ailleurs et fut provoqué principalement par ce que présentaient d'incomplet des expéditions tardives et sans ordre. Déjà, dans les moments d'affluence, la nécessité de séparer les wagons transitant à Paris de ceux qui doivent y être déchargés, l'intérêt de rapprocher parallèlement ceux qui doivent laisser et recevoir la marchandise qui doit être transbordée, l'obligation de livrer dans les vingt-quatre heures, ou plutôt dans dix heures sur vingt-quatre, les marchandises arrivées la nuit, avaient amené la construction de gares de triage des wagons, de gares de transbordement munies de grues, et d'un développement considérable de quais couverts, également munis d'engins mécaniques. A cela s'est jointe l'utilité de racheter, par des appareils puissants et faciles à manœuvrer, la différence de niveau entre les gares desservant des ports ou des établissements situés en contrebas des chemins de fer. L'exemple a été donné en France, dans cette voie, par la Compagnie de Lyon : sa gare de triage de Villeneuve-Saint-Georges, destinée à remanier les trains de marchandises avant leur arrivée à Paris, évite une grande quantité de manœuvres dans la gare des marchandises de Bercy. Cet exemple doit être prochainement suivi par le chemin de fer du Nord à Creil. La Compagnie de Lyon a également établi dans sa gare de Bercy des engins mécaniques pour la manœuvre des grues et pour descendre ses wagons dans des halles ou caves souterraines. Nous allons en parler plus loin.

Une deuxième question, qui a pris une grande importance, ces dernières années, est celle des transbordements. Jadis c'était une manutention très-onéreuse, mais plusieurs circonstances, et notamment la nécessité de ne pas envoyer sur des lignes étrangères un matériel destiné à un trafic local, ont conduit à en améliorer les conditions. Sur un même réseau, cette opération est également nécessaire aux gares d'em-

Digitized by Google

branchements pour mieux utiliser le matériel; par exemple à Orléans, se divisent les lignes du centre et de Bordeaux; les marchandises venant du centre pour Bordeaux, arrivent souvent à Orléans dans des wagons dont la charge n'est pas complète, et il y a intérêt à transborder ces marchandises pour avoir un nombre moins grand de wagons complétement chargés. En adoptant dans des gares spéciales de longs quais étroits, compris entre deux voies parallèles, et en plaçant quelques grues de distance en distance, le transbordement est devenu très-facile et peu onéreux.

Un troisième fait à signaler est l'immense extension qu'ont prise les gares à marchandises des têtes de lignes, et ce fait est dû à ce que les Compagnies, répondant aux demandes du Gouvernement, sont parvenues à livrer, dans les vingt-quatre heures, la plupart des marchandises qui arrivent; d'où est résulté nécessairement une augmentation notable de l'emplacement des gares et de leur personnel. On a même été conduit à modifier l'outillage de la manutention, en augmentant le nombre des grues de toutes formes. Nulle part, cependant, on n'est allé aussi loin dans cette voie qu'en Angleterre : on peut dire que l'emploi des grues y est exclusif, même pour les plus petits fardeaux; il a fallu approprier à cette habitude les wagons à marchandises dont la toiture est toujours mobile en partie, condition difficile à bien remplir et à concilier avec les autres. Sous le rapport de l'emploi des grues en Angleterre, on peut dire qu'il y a abus, et qu'on peut aller très-loin en employant seulement le chariot ou diable à deux roues dont les hommes d'équipe de nos gares se servent habilement et comme d'un levier.

Dans certaines grandes gares, les Anglais ont remplacé la force des hommes par des moteurs, et la disposition qui a le mieux réussi est le système de transmission hydraulique de sir William Armstrong, également d'un usage très-général dans les docks. La Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée en a fait une belle et judicieuse

Digitized by Google

application dans sa gare de la Rapée-Bercy, et elle en a exposé les dessins. On sait que, dans cet appareil, l'eau est refoulée par une pompe à vapeur dans une accumulateur de pression, chargé de 30 à 50 atmosphères. L'eau en sort pour remplir un tuyau de conduite principale, sur lequel sont branchées des conduites secondaires desservant chaque grue ou chaque monte-charge. La pression de l'eau met en mouvement un piston dont la course est transformée par une série de moufles, et qui produit l'élévation des fardeaux ou des cages contenant les wagons qu'il faut faire passer d'un niveau à un autre. Outre les grues manœuvrées par la pression de l'eau, la Compagnie de Lyon a établi en sous-sol, dans sa gare de Bercy, plusieurs halles d'entrepôt des vins où les wagons sont amenés pour être chargés et déchargés directement au moyen des appareils *Hoisting*, sortie de plateaux portés à l'extrémité d'une forte tige de presse hydraulique qui les descend ou les monte. Les autres gares à marchandises françaises ont vu le nombre des grues s'augmenter dans une grande proportion, et celles-ci se sont améliorées notamment par l'emploi de la chaîne Galles (système Neustadt); de plus, des grues spéciales ont été disposées pour le déchargement des pierres, et quelquefois aussi des charbons; — enfin beaucoup de ces grues ont été munies de moteurs à vapeur qui en augmentent le rendement, tout en permettant une diminution du personnel de service. Il est juste de mentionner aussi l'introduction de la grue roulante qui s'attelle derrière un train de marchandises afin d'aller fonctionner dans une gare de peu d'importance où une grue à demeure ne serait que bien rarement occupée et serait une dépense improductive.

Les gares à voyageurs ont dû également être notablement agrandies dans ces dernières années. Dans les grandes gares têtes de ligne, l'augmentation du nombre des embranchements, l'importance du service de banlieue, et la succession de trains échelonnés à de faibles intervalles de temps, l'importance des services dits accessoires, bagages et messageries, ont conduit

Digitized by Google

à augmenter le nombre des quais et l'espace total. Les gares du Nord et d'Orléans ont été refaites. Celle de l'Est est insuffisante, bien que l'on ait reporté dans une gare spéciale le service de Vincennes; et la Compagnie de l'Ouest, quoique possédant deux gares à Paris, a dû remanier et augmenter sa gare de Saint-Lazare; pour la sécurité de l'exploitation, les deux souterrains placés en avant de cette gare, ont dû être remplacés par un immense pont qui est une œuvre des plus remarquables. Parmi les améliorations des dépendances des gares, nous citerons l'application de la vapeur tant aux plaques tournantes des locomotives dans les dépôts ayant un certain nombre de machines, qu'aux chariots de remisage de ces mêmes machines, soit dans les dépôts, soit dans les ateliers de réparation.

La Compagnie du chemin de fer de Lyon expose encore le modèle de la disposition du dépôt de La Mouche, faubourg de la Guillotière, près Lyon. Ce dépôt est composé de deux rotondes reliées entre elles par un couloir couvert servant aux réparations. Plus loin se trouvent les ateliers de petit entretien; devant sont les quais à charbon : le terrain ne présentant aucune éminence particulière, on a pu se développer à l'aise et disposer l'ensemble commodément pour le service. Le tout est fait d'ailleurs avec l'ampleur qu'on remarque, en général, dans les constructions du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Les gares à marchandises des ports de mer ont dû être augmentées, et à l'imitation des Anglais, les voies ont été prolongées le long des quais et des bassins à flots, de manière à aller charger directement dans les navires. Il y a quelques années, avant l'abaissement des droits de douanes, les lenteurs d'une visite minutieuse nuisaient beaucoup au développement de cette nature d'opération qui a pris une grande extension depuis l'abaissement des droits.

Relativement aux gares intermédiaires il n'y a, croyons-nous, à signaler que la création de gares de bifurcations importantes

Digitized by Google

aux points où plusieurs lignes se divisent. Nous citerons, comme un exemple intéressant, la gare de Tergnier, sur le chemin de fer du Nord, au point de jonction des lignes de Laon et d'Amiens avec la ligne de Paris à Erquelines. Cette gare, placée dans une localité sans aucune importance, comprend un grand bâtiment de voyageurs avec buffet, et deux quais à marquises ; une vaste gare de transbordement, une grande étendue de voies de garage, un dépôt avec remises pour 60 machines, un atelier de réparation de locomotives et de wagons.

Tous les agrandissements que nous venons de signaler, et qui sont très-importants, seraient encore bien insuffisants dans le cas d'un abaissement quelconque des tarifs. En effet, cet abaissement serait suivi d'une augmentation énorme de trafic, qui entraînerait, comme conséquence, une augmentation dans le nombre des wagons, des machines locomotives, du personnel des gares à voyageurs et à marchandises, et dans l'étendue des gares ; car un wagon ne peut transporter, par an, qu'un certain tonnage moyen, une locomotive ne peut faire qu'un certain nombre de kilomètres, et le personnel ne peut produire qu'un travail donné ; une gare ne peut également contenir qu'une certaine quantité de marchandises, tant au départ qu'à l'arrivée. Il faut donc faire entrer dans les prévisions de l'avenir, et cet abaissement des tarifs, et cette large augmentation des gares et du matériel.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME NEUVIÈME

GROUPE VI

INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS DES ARTS USUELS.

(Suite.)

CLASSE 53.

MACHINES ET APPAREILS DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE.

SECTION I.

PIÈCES DÉTACHÉES DE MACHINES, PALIERS, EMBRAYAGES, DÉCLICS, APPAREILS DE GRAISSAGE, COMPTEURS, DYNAMOMÈTRES, MODÈLES ET DESSINS DE MACHINES,

PAR M. P. WORMS DE ROMILLY.

CHAPITRE I.

PALIERS, APPAREILS GRAISSEURS, ETC.

		Pages.
§ 1.	Paliers et appareils graisseurs	5
	Paliers	5
	Appareils graisseurs	6
§ 2.	Engrenages et garnitures	7
	Engrenages	7
	Garnitures	7

CHAPITRE II.

Appareils d'embrayage 8

CHAPITRE III.

§ 1. Compteurs 9

Pages.

§ 2. Dynamomètres.......... 9
§ 3. Régulateurs.......... 12

CHAPITRE IV.

MODÈLES ET DESSINS DE MACHINES.......... 19

SECTION II.

APPAREILS FUMIVORES, COMPTEURS, APPAREILS DE JAUGEAGE, POMPES, PRESSES, ETC.,

PAR M. LEBLEU.

CHAPITRE I.

FUMIVORES.......... 22

CHAPITRE II.

APPAREILS DE JAUGEAGE DES LIQUIDES ET DES GAZ.

§ 1. Compteurs à eau.......... 25
§ 2. Compteurs à gaz.......... 29

CHAPITRE III.

APPAREILS DE PESAGE.......... 31

CHAPITRE IV.

POMPES.

§ 1. Pompes centrifuges.......... 33
§ 2. Pompes à piston.......... 37
§ 3. Pompes diverses.......... 40
§ 4. Pompes à incendie.......... 40
§ 5. Pompes à puits à grand débit.......... 44
§ 6. Appareils divers.......... 46

CHAPITRE V.

PRESSES.......... 47

SECTION III.

MACHINES SERVANT A ÉLEVER LES FARDEAUX, GRUES, MONTE-CHARGES, CRICS, COURROIES,

PAR M. P. WORMS DE ROMILLY.

§ 1. Grues.......... 51
§ 2. Monte-charges.......... 53

Digitized by Google

Pages.
§ 3. Treuils ... 53
§ 4. Poulies différentielles ... 55
§ 5. Crics ... 56
§ 6. Courroies ... 57

SECTION IV.

MOTEURS HYDRAULIQUES,

PAR M. P. WORMS DE ROMILLY.

CHAPITRE I.

TURBINES ... 58

CHAPITRE II.

ROUES HYDRAULIQUES, BÉLIERS.

§ 1. Roues hydrauliques ... 63
§ 2. Béliers ... 64

CHAPITRE III.

MOTEURS A EAU COMPRIMÉE.

§ 1. Accumulateurs ... 65
§ 2. Machines à colonne d'eau ... 69

SECTION V.

MACHINES A VAPEUR, CHAUDIÈRES, GÉNÉRATEURS, ETC.,

PAR M. P. LUUYT.

CHAPITRE I.

MACHINES.

§ 1. Observations générales ... 72
Détente ... 75
§ 2. Machines exposées ... 76
Machines Farcot ... 76
Machines Corliss ... 77
Machines de Hicks (États-Unis) ... 77
La Société de Fives-Lille ... 80
Le Creuzot ... 80
Machines rotatives ... 81
Locomobiles ... 82
Locomotives routières ... 82

Digitized by Google

CHAPITRE II.

Pages.

CHAUDIÈRES A VAPEUR.. 83
§ 1. Systèmes divers de chaudières........................ 83
Chaudières à circulation.................................. 86
§ 2. Appareils accessoires des chaudières à vapeur......... 89
§ 3. Alimentation des chaudières.......................... 90

CHAPITRE III.

MANOMÈTRES.. [illegible]

CHAPITRE IV.

MACHINES SOUFFLANTES. — VENTILATEURS......................... 91

SECTION VI.

MACHINES A GAZ, A AIR CHAUD, A AMMONIAQUE, MOTEURS ÉLECTRIQUES, MOULINS A VENT, ETC.,

PAR M. LEBLEU.

CHAPITRE I.

MACHINES A GAZ, A AIR, ETC.

§ 1. Machines à gaz.. 96
§ 2. Machines à air chaud..................................... 98
§ 3. Machine à ammoniaque...................................... 99

CHAPITRE II.

MOTEURS ÉLECTRIQUES.. 101

CHAPITRE III.

MOULINS A VENT... 103

CLASSE 54.

MACHINES-OUTILS ET PROCÉDÉS DE LA CONFECTION DES OBJETS DE MOBILIER ET D'HABITATION.

SECTION I.

MACHINES-OUTILS,

PAR M. TRESCA.

CHAPITRE I.

MACHINES-OUTILS SERVANT AU TRAVAIL DES MÉTAUX.

§ 1. Outils.. 113
§ 2. Mode de fonctionnement................................... 117

Digitized by Google

CHAPITRE II.

Pages.
Machines-outils d'un emploi général 120
Tours 121
Machines à raboter 122
Machines à mortaiser 123
Machines à aléser 123
Machines à percer 123
Machines à fraiser 124
Machines à tarauder 125
Machines à tailler les engrenages 125
Machines à poinçonner et à cisailler 127
Étaux limeurs 127
Machines à faire les boulons et les écrous 128
Marteaux divers 128

CHAPITRE III.

Machines spéciales 130

SECTION II.

MACHINES-OUTILS SERVANT SPÉCIALEMENT AU TRAVAIL DES BOIS,

PAR MM. TRESCA ET LECŒUVRE.

§ 1. Débitage des bois 134
§ 2. Scieries à mouvement rectiligne alternatif 135
§ 3. Scieries à mouvement continu 143
§ 4. Machines à raboter 146
§ 5. Tours 149
§ 6. Machines à percer 150
§ 7. Machines à fabriquer les moulures 151
§ 8. Machines à faire les tenons et les mortaises 153
§ 9. Machines diverses 155

SECTION III.

Machines servant au travail des matières argileuses 159

PAR M. TRESCA.

CLASSE 55.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA FILATURE,

PAR MM. MICHEL ALCAN ET ÉDOUARD SIMON.

Observations préliminaires 165

CHAPITRE I.

FILATURE DU COTON.

Pages.
§ 1. Appareils destinés au traitement de la matière brute....... 168
Égoussage.. 168
Égraineuses.. 170
§ 2. Matériel de la filature.................................. 171
Progrès de détail réalisés dans les machines préparatoires... 172
§ 3. Métiers à filer....................................... 175
Métiers Mull-Jenny self-acting........................... 177

CHAPITRE II.

TRAVAIL DU CHANVRE, DU LIN, DU JUTE ET DU CHINA-GRASS.

§ 1. Transformations après la récolte, en dehors des filatures... 179
§ 2. Filature du lin et du chanvre........................... 180

CHAPITRE III.

FILATURE DES LAINES.

§ 1. Procédés d'épuration de la matière brute................. 182
§ 2. Filature de la laine peignée............................ 184
§ 3. Filature de la laine cardée............................. 185
Pièces détachées.. 187
Ressorts à boudin bourrés de laine....................... 187
Garnitures de cardes.................................... 188

CHAPITRE IV.

MATÉRIEL DES MAGNANERIES, MACHINES A DÉVIDER ET A MOULINER LA SOIE.

§ 1. Coconnière.. 189
§ 2. Tours... 189
§ 3. Filage, dévidage, titrage et moulinage de la soie........ 190
§ 4. Machine à faire la chenille............................. 192

CHAPITRE V.

MATÉRIEL ET PRODUITS DE LA CORDERIE................................ 192

CLASSE 56.

MATÉRIEL DU TISSAGE ET DES APPRÊTS,

PAR MM. MICHEL ALCAN ET ÉDOUARD SIMON.

CHAPITRE I.

MATÉRIEL DU TISSAGE.

§ 1. Machines préparatoires.................................. 198

Pages.
Machines à parer et à encoller.......................... 198
Cannetières.. 199
§ 2. Métiers automatiques pour le tissage des étoffes unies...... 200
Métiers simplifiés pour faire varier le duitage.............. 201
Métiers à grande largeur.................................. 201
Métiers à armures.. 203
Métiers automatiques a faire les velours................. 203
Métiers automatiques à navettes multiples................ 204
§ 3. Métiers Jacquart à tisser les façonnés.............. 206
Métier à tisser les façonnés brochés....................... 209
§ 4. Métiers à mailles...................................... 212
§ 5. Métiers circulaires..................................... 213
§ 6. Métiers à fabriquer les filets.......................... 215

CHAPITRE II.

MATÉRIEL DES APPRÊTS.. 216
§ 1. Machines diverses....................................... 216
Machines à épurer, a dégraisser et à laver les tissus...... 216
Machines à apprêter les tissus unis........................ 217
Machines à griller et à flamber............................ 218
Machines à feutrer, à fouler et à apprêter les produits de la chapellerie et de la draperie........................ 218
Machines à onduler et à friser............................ 219
Appareils à ramer et à sécher les draps.................. 219
Travaux techniques spéciaux............................... 220
§ 2. Résumé et appréciations générales....................... 220

CLASSE 57.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA COUTURE ET DE LA CONFECTION DES VÊTEMENTS,

PAR M. HENRY F.-Q. D'ALIGNY.

CHAPITRE I.

CHAPELLERIE.

§ 1. Chapellerie.. 225
§ 2. Des couperies de poils pour chapellerie. — Statistique commerciale.. 228
Notice historiques sur les couperies, développements de cette industrie.. 228
Commerce spécial d'exportation............................. 232
Notice sur la production européenne...................... 235
§ 1. Qualités des poils...................................... 235

Digitized by Google

Pages.
§ 2. Pays d'où l'on tire les peaux 235
Peaux et poils de lièvre 236
§ 3. Pays où se produit le poil 236
Peaux et poils de castor, de rat musqué et de rat gondin... 237
Poils de chameau et de chèvre 237
§ 4. Pays de consommation 238

CHAPITRE II.

FABRICATION DE LA CHAUSSURE 238
La machine à monter 239
Tableau de la progression des affaires 240
Apprêteur mécanique 241

CHAPITRE III.

MACHINES A COUDRE.

Machines spéciales aux boutonnières 242
Machines mixtes, à faire les boutonnières 243
Système de Wheeler et Wilson, de New-York 243
Système Bertram et Fanton (États-Unis) 244
Système American Button-Hole Company (Philadelphie)... 244
Brodeuse et soutacheuse 244
Couseuse à deux navettes et à fils poissés 245
Machines à canon pour la cordonnerie 245
Machines à coudre proprement dites 245
Tableau comparatif du temps de confection 246
Point de chaînette, à un fil 247
Point bouclé à retors, à un fil (système Willcox et Gibbs). 247
Point de chaînette à deux fils 248
Point lié à deux fils, ou point de navette 249
Système Elyas Howe Jr, point lié à navette 249
Système Wheeler et Wilson, point lié sans navette 250

CHAPITRE IV.

CONCLUSION 251
Tableau de la fabrication 253

CLASSE 58.

(Voir, pour cette classe, la classe 54.)

CLASSE 59.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA PAPETERIE, DES TEINTURES ET DES IMPRESSIONS,

PAR MM. DOUMERC, LABOULAYE ET NORMAND.

CHAPITRE I.

IMPRESSION DES ÉTOFFES ET DES PAPIERS PEINTS.

Pages.

§ 1. Matériel de la teinture et des impressions sur étoffes....... 261
§ 2. Machines à sécher par la chaleur........................ 262
§ 3. Impression des étoffes.................................. 262
§ 4. Impression des papiers peints........................... 263
§ 5. Gravure pour l'impression des étoffes................... 264

CHAPITRE II.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA PAPETERIE.

§ 1. Fabrication.. 265
§ 2. Façonnage du papier..................................... 269
Machines à faire les enveloppes.......................... 270
§ 3. Formes et feutres.. 271

CHAPITRE III.

MACHINES ET MATÉRIEL DE LA TYPOGRAPHIE ET DE LA LITHOGRAPHIE.

§ 1. Machines à fondre les caractères......................... 272
§ 2. Procédés de gravure...................................... 273
§ 3. Presses mécaniques typographiques........................ 274
§ 4. Impression mécanique de la taille-douce.................. 281
§ 5. Presses mécaniques lithographiques....................... 281
§ 6. Petites presses et numéroteurs........................... 284
Presses pour billets de chemins de fer................... 285
Petites presses... 286
Numéroteurs... 287
Machine pour le numérotage des billets de banque......... 288
§ 7. Ustensiles d'imprimerie.................................. 289
Rouleaux lithographiques.................................. 289
§ 8. Machines à plier les feuilles imprimées.................. 290

CHAPITRE IV.

MACHINES A COMPOSER... 290

Digitized by Google

CLASSE 60.

MACHINES, INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS USITÉS DANS DIVERS TRAVAUX,

PAR MM. CHARLES CALLON ET FERD. KOHN.

Pages.

§ 1. Machine remplaçant le marbre à dresser les caractères d'imprimerie.......... 297
§ 2. Presses monétaires.......... 298
§ 3. Outillages et procédés de la fabrication des objets d'horlogerie, de bijouterie, etc.......... 300
§ 4. Machines à fabriquer les allumettes.......... 304
Machine Mujica.......... 304
Machine Rimailho.......... 305
Machine G. Schmidt.......... 306
§ 5. Machines à fabriquer les cigarettes de papier.......... 307
§ 6. Machines à faire les enveloppes.......... 308
§ 7. Machines à faire les bouchons, à sculpter les petits objets.......... 309
§ 8. Machines diverses.......... 310

CLASSE 61.

CARROSSERIE ET CHARRONNAGE,

PAR MM. L. BINDER ET C. LAVOLLÉE.

CHAPITRE I.

VOITURES DE LUXE.

Landaus.......... 318
Calèches et victorias.......... 318
Coupés de ville, petits coupés.......... 318
Mail-coachs.......... 319
Voitures à deux roues.......... 319
Drowskis et traîneaux.......... 320

CHAPITRE II.

VOITURES DE SERVICE.

Omnibus.......... 323

CHAPITRE III.

PIÈCES DÉTACHÉES DE CARROSSERIE.......... 325

Digitized by Google

CLASSE 62.

BOURRELERIE ET SELLERIE,

PAR M. NOISETTE.

		Pages.
§ 1.	Selles et harnais	332
§ 2.	Fouets, cravaches, sticks	334
§ 3.	Éperonnerie	334

CLASSE 63.

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER,

SECTION I.

CHEMINS DE FER. — EXPOSÉ ÉCONOMIQUE,

PAR MM. EUGÈNE FLACHAT ET DE GOLDSCHMIDT.

CHAPITRE I.

PART DES CHEMINS DE FER DANS LA VIABILITÉ GÉNÉRALE DES CONTRÉES REPRÉSENTÉES A L'EXPOSITION UNIVERSELLE.

Viabilité de la France	340
Viabilité de l'Angleterre	342
Viabilité des États-Unis d'Amérique	345
L'Union Pacific Railway	348
Chemin de fer dans les Indes anglaises	348
East-India	349
Great-India-Peninsula	349
Ligne de Madras	349
Viabilité de la Confédération de l'Allemagne du Nord	350
Viabilité de l'Autriche	351
Viabilité de la Bavière	353
Viabilité du Wurtemberg, du duché de Bade et de divers autres États allemands	353
Viabilité de la Belgique	354
Viabilité de l'Espagne	355
Viabilité de la Russie	357
Viabilité de la Suède	358
Viabilité de la Norwége	358
Viabilité de l'Italie	359
Viabilité de la Suisse	361
Extension annuelle du réseau continental des chemins de fer	362

Digitized by Google

CHAPITRE II.

AVANTAGES QUE LES CHEMINS DE FER APPORTENT A L'INDUSTRIE.

		Pages.
§ 1.	Généralités	363
§ 2.	La France	369
	Transports sur les voies de terre. — Chemin de fer à petite voie	369
	Transport dans les villes. — Voitures omnibus	372
	Transport sur les voies navigables	377
	Transport sur les chemins de fer	383
§ 3.	Grande-Bretagne	387
§ 4.	Autres pays	392
	Confédération allemande du Nord	392
	Autriche	393
	Suède	393
	Norwége	393

SECTION II.

VOIE ET MATÉRIEL FIXE DE LA VOIE,

PAR MM. EUGÈNE FLACHAT ET DE GOLDSCHMIDT.

CHAPITRE I.

ÉLÉMENTS ET COMPOSITION DE LA VOIE.

Rails en fer et en acier. — Composition de la voie. — Traverses	397
Tableau des inclinaisons supérieures à dix millimètres, sur les chemins français et sur quelques chemins étrangers	400
Tableau du prix actuel des rails en fer, en acier puddlé fondu et en acier Bessemer	411
Composition de la voie	412
Traverses	413

CHAPITRE II.

VOIES MÉTALLIQUES. — CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE.

Voies sur supports métalliques isolés	416
Voies sur traverses métalliques	416
Voies en rails servant de supports, ou sur supports métalliques longitudinaux	419

Digitized by Google

SECTION III.

LOCOMOTIVES,

PAR M. COUCHE.

CHAPITRE I.

APPAREILS DE COMBUSTION ET DE VAPORISATION.

		Pages.
§ 1.	Dimensions	424
§ 2.	Proportion des chaudières	426
	Suppression de la fumée	427
§ 3.	Construction des chaudières	430
	Emploi de la tôle d'acier fondu	431
§ 4.	Consolidation des faces planes	432
	Entretoises du foyer	432
	Armatures du ciel du foyer	433
	Alimentation	434
	Dômes	435
§ 5.	Puissance de vaporisation. — Utilisation des chaudières	435

CHAPITRE II.

MÉCANISME ET DISTRIBUTION.

§ 1.	Dimensions des cylindres	437
§ 2.	Changement de marche à vis	438
§ 3.	Emploi de la contre-vapeur comme frein	439
§ 4.	Tiroirs	442
§ 5.	Emploi de l'acier	443

CHAPITRE III.

SUPPORTS ET VÉHICULES.

Nombre des essieux	446
Machines à six roues libres	450
Machines à six roues, dont quatre couplées	450
Machines à six roues couplées	452
Machines Tender	452
Machines à plus de six roues couplées	453
1° Huit roues couplées	453
2° Dix roues	454
3° Douze roues couplées	456
Suspension. — Balanciers	456
Boîtes à sable	458
Roues	459
Locomotives pour chemins à voie étroite	460

Digitized by Google

Pages.
Moyens de faciliter le passage des machines dans les courbes. 461
Machines américaines et types dérivés........ 463
Machines à avant-train, de Bissel........ 464
Système Engerth et Fink........ 465
Machine Steierdorf........ 465
Système Sturrock........ 467
Machines à essieux parallèles........ 470
Dans le système Caillet........ 470
Dans le système de M. Beugniot........ 470
Locomotive de M. Fell........ 471
Premier cas........ 471
Deuxième cas........ 472
Locomotive de M. Agudio........ 474

SECTION IV.

MATÉRIEL ROULANT. — VOITURES ET WAGONS,

PAR M. HENRY MATHIEU.

Considérations générales. — Importance du matériel roulant. 478

CHAPITRE I.

EXAMEN GÉNÉRAL DES DIVERS TYPES DE VOITURES A VOYAGEURS........ 479

§ 1. Examen des voitures exposées........ 481
Pays-Bas........ 482
Belgique........ 482
France........ 482
Fauteuils-lits........ 483
Accoudoirs........ 484
Châssis de glaces........ 484
Double suspension........ 484
Water-closets........ 484
Chauffage........ 485
Éclairage........ 486
Ventilation........ 486
Rideaux et banquettes........ 487
Charpente de la caisse........ 487
Sécurité........ 488
Incendies........ 489
Voitures à deux étages........ 490
§ 2. Fourgons; châssis........ 491
Fourgons à bagages........ 491
Châssis des voitures........ 492

CHAPITRE II.

WAGONS A MARCHANDISES........ 494

Digitized by Google

CHAPITRE III.

PIÈCES ET APPAREILS ACCESSOIRES.

Pages.
§ 1. Freins.. 496
§ 2. Roues montées sur essieux.................. 498
Centres de roues................................ 498
Les bandages.................................... 500
§ 3. Ressorts..................................... 500
Ressorts de suspension.......................... 501
Ressorts de choc et de traction................. 502
Caoutchouc...................................... 502
§ 4. Boîtes à graisse et à huile................ 502
§ 5. Ferrures..................................... 503
Fonte malléable................................. 504

CHAPITRE IV.

VOITURES SPÉCIALES.

§ 1. Bureaux ambulants des postes............... 504
§ 2. Voitures pour le transport des blessés...... 505
§ 3. Voitures à lits.............................. 506
§ 4. Voitures pour le chemin du mont Cenis....... 507
Tableau des dimensions principales des voitures exposées.. 508
Tableau des dimensions principales des wagons........... 510
Tableau des prix, poids et chargements maximum......... 511
Tableau des prix, poids de chaque voiture.............. 512
Tableau des dimensions principales des roues montées sur essieux.. 514

SECTION V.

SIGNAUX OPTIQUES ET ACOUSTIQUES,

PAR M. J. MORANDIÈRE.

Considérations générales............................ 517

SECTION VI.

MODÈLES, PLANS ET DESSINS DE GARES, DE STATIONS, DE REMISES ET DE DÉPENDANCES DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER..... 527

PAR M. J. MORANDIÈRE.

FIN DE LA TABLE DU TOME IX.

Paris. — Imprimerie Paul Dupont, rue de Grenelle-Saint-Honoré, 45.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED
LOAN DEPT.
This book is due on the last date stamped below, or on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

4Mar'58AR

REC'D LD
NOV 3 1958

IN STACKS
OCT 02 1987
JUL 09 1987

AUTO DISC JUL 30 1987

LD 21A-50m-8,'57
(C8481s10)476B

General Library
University of California
Berkeley

Digitized by Google

YC 97241

GENERAL LIBRARY - U.C. BERKELEY

B000346210

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

Digitized by Google